



Πανεπιστήμιο Πειραιώς – Τμήμα Πληροφορικής
Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
«Πληροφορική»

Μεταπτυχιακή Διατριβή

Τίτλος Διατριβής	Καταγραφή, ταξινόμηση και διαχείριση ιατρικών δεδομένων με χρήση πλατφόρμας IoT. Medical data collection, classification and manipulation using IoT platform.
Όνοματεπώνυμο Φοιτητή	Ειρήνη Ζουμή
Πατρώνυμο	Γεώργιος
Αριθμός Μητρώου	ΜΠΠΛ17013
Επιβλέπων	Δημήτριος Βέργαδος, Αναπληρωτής Καθηγητής

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

(υπογραφή)

Δ. Βέργαδος
Αν. Καθηγητής

(υπογραφή)

Χ. Δουληγέρης
Καθηγητής

(υπογραφή)

Ε. Αλέπης
Επ. Καθηγητής

Ευχαριστίες

Για την πραγματοποίηση και την ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας, η συμβολή ορισμένων ανθρώπων ήταν καθοριστική. Θα ήθελα λοιπόν να τους εκφράσω ένα μεγάλο ευχαριστώ για τη βοήθεια που μου προσέφεραν, ο καθένας με το δικό του τρόπο, στην περάτωση της εργασίας μου.

Έτσι, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου, κ. Δ. Βέργαδο για την καθοδήγηση και την υποστήριξή του.

Ακόμη, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή κ. Α. Μιχάλα για το χρόνο, τη διάθεση και την πολύτιμη βοήθειά του στην υλοποίηση της παρούσας εργασίας.

Τέλος ένα μεγάλο ευχαριστώ οφείλω στον Σκόνδρα Εμμανουήλ για τη βοήθειά του τόσο σε προσωπικό όσο και σε επαγγελματικό επίπεδο αλλά και στους γονείς μου για την υποστήριξή τους σε κάθε μικρή και μεγάλη προσπάθεια σε όλους τους τομείς της ζωής μου.

Σας ευχαριστώ,

Ειρήνη Ζουμή.

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες.....	2
Περιεχόμενα	3
Κατάλογος Πινάκων.....	5
Κατάλογος Εικόνων	7
Περίληψη.....	8
Abstract	9
1 Εισαγωγή	10
2 Internet of Things (IoT).....	11
2.1 Εισαγωγή στο IoT	11
2.1.1 Αρχιτεκτονική του IoT.....	14
2.1.2 Δομικά Στοιχεία του IoT.....	16
2.1.3 Πρωτόκολλα IoT.....	20
2.2 IoT Platforms	34
2.2.1 Google IoT Platform.....	34
2.2.2 Salesforce Platform.....	41
2.2.3 Particle IoT Platform	49
2.2.4 Oracle IoT Platform	51
2.2.5 Arduino – Ubidots Platform.....	58
2.2.6 Συγκριτική Αξιολόγηση	66

2.3 Smart Home	67
3 Βιβλιογραφική Ανασκόπηση	68
3.1 Εφαρμογές Smart Health	68
3.2 Σχετική Βιβλιογραφία	70
4 Μεθοδολογία Ανάπτυξης Αρχιτεκτονικής Συστήματος	72
4.1 Κατηγορίες Μετρήσεων Αισθητήρων	72
4.2 Ολοκληρωμένο Σύστημα Συλλογής, Ταξινόμησης IoT Δεδομένων και Εφαρμογής Κανόνων Ειδοποίησης Χρήστη.....	81
4.2.1 Η Λειτουργία Map-Reduce στο Προτεινόμενο Σύστημα	87
4.2.2 Ο Προτεινόμενος Αλγόριθμος Ταξινόμησης των Μετρήσεων	88
4.2.3 Εφαρμογή Κανόνων για την Εξαγωγή Συνδυαστικών Συμπερασμάτων.....	91
5 Αποτελέσματα Αλγορίθμου Ταξινόμησης.....	94
6 Συμπεράσματα και Προτάσεις για Μελλοντική Έρευνα.....	98
6.1 Συμπεράσματα.....	98
6.2 Προτάσεις για Μελλοντική Έρευνα	99
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	100
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1.....	112
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2.....	118

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1. Σύγκριση πλατφορμών IoT.....	66
Πίνακας 2. Ενδεικτικές κατηγορίες για τα επίπεδα οξυγόνου του αίματος.....	73
Πίνακας 3. Ενδεικτικές κατηγορίες αρτηριακής πίεσης.	74
Πίνακας 4. Ενδεικτικές κατηγορίες επιπέδων σακχάρου στο αίμα.....	76
Πίνακας 5. Ενδεικτικές κατηγορίες παλμών.	78
Πίνακας 6. Ενδεικτικές κατηγορίες υγρασίας.	78
Πίνακας 7. Ενδεικτικές κατηγορίες για τη θερμοκρασία σώματος.	80
Πίνακας 8. Ενδεικτικές κατηγορίες για τη θερμοκρασία.....	80
Πίνακας 9. Κατηγορίες αισθητήρων και μετρήσεις.	84
Πίνακας 10. Σύγκριση με υπάρχοντα μοντέλα.	90
Πίνακας 11. Λεκτικές ετικέτες τις κλάσεις των μετρήσεων.	92
Πίνακας 12. Λεκτικές ετικέτες για τα αποτελέσματα των κανόνων.	92
Πίνακας 13. Πίνακας αποτελεσμάτων για τις μετρήσεις παλμών.....	118
Πίνακας 14. Πίνακας αποτελεσμάτων για τις μετρήσεις θερμοκρασίας σώματος.....	126
Πίνακας 15. Πίνακας αποτελεσμάτων για τις μετρήσεις επίπεδων οξυγόνου του αίματος.	130
Πίνακας 16. Πίνακας αποτελεσμάτων για τις μετρήσεις αρτηριακής πίεσης (διαστολή).	133
Πίνακας 17. Πίνακας αποτελεσμάτων για τις μετρήσεις αρτηριακής πίεσης (συστολή).	138

Πίνακας 18. Πίνακας αποτελεσμάτων για τις μετρήσεις επιπέδων σακχάρου του αίματος.	146
Πίνακας 19. Πίνακας αποτελεσμάτων για τις μετρήσεις εσωτερικής θερμοκρασίας.	159
Πίνακας 20. Πίνακας αποτελεσμάτων για τις μετρήσεις εσωτερικής υγρασίας.....	169
Πίνακας 21. Πίνακας αποτελεσμάτων για τις μετρήσεις εξωτερικής θερμοκρασίας.	172
Πίνακας 22. Πίνακας αποτελεσμάτων για τις μετρήσεις εξωτερικής υγρασίας.	178

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1 Τομείς εφαρμογής Internet of Things	12
Εικόνα 2 Αρχιτεκτονική της πλατφόρμας Ubidots	64
Εικόνα 3 Κατηγορίες Αισθητήρων	82
Εικόνα 4 Ολοκληρωμένο Σύστημα Συλλογής, Ταξινόμησης IoT Δεδομένων και Εφαρμογής Κανόνων Ειδοποίησης Χρήστη	83
Εικόνα 5 Αρχιτεκτονική συστήματος.....	86
Εικόνα 6 Ενδεικτικά δεδομένα μετρήσεων αρτηριακής πίεσης.	88
Εικόνα 7 Παράδειγμα αποτελεσμάτων μετρήσεων εξωτερικής θερμοκρασίας (πρώτη επανάληψη).....	95
Εικόνα 8 Παράδειγμα αποτελεσμάτων μετρήσεων εξωτερικής θερμοκρασίας (τελευταία επανάληψη).	96
Εικόνα 9 Παράδειγμα αποτελεσμάτων μετρήσεων παλμών (πρώτη επανάληψη).	97
Εικόνα 10 Παράδειγμα αποτελεσμάτων μετρήσεων παλμών (τελευταία επανάληψη).	97

Περίληψη

Η ανάπτυξη της σύγχρονης τεχνολογίας επιφέρει ολοένα και περισσότερα οφέλη στον τομέα της υγείας. Ενδεικτικά, εφαρμογές παρακολούθησης της υγείας των ασθενών, καθώς και ταξινόμησης, διαχείρισης και απομακρυσμένου ελέγχου μεγάλου όγκου ιατρικών δεδομένων, ωφελούνται τα μέγιστα από τις σύγχρονες εξελίξεις στον τομέα του Διαδικτύου των Πραγμάτων (Internet of Things - IoT), των ασύρματων δικτύων επικοινωνιών και των υποδομών Υπολογιστικής Νέφους (Cloud Computing). Η παρούσα εργασία επικεντρώνεται στη συλλογή μεγάλων δεδομένων (big data) που προέρχονται από τρία είδη αισθητήρων (αισθητήρες σώματος, αισθητήρες εσωτερικούς σε κτίρια και εξωτερικούς), την ταξινόμηση και την αποθήκευσή τους σε υποδομή Cloud. Προτείνεται ένας αλγόριθμος ταξινόμησης. Για κάθε είδος αισθητήρα (αρτηριακής πίεσης, θερμοκρασίας σώματος, επίπεδα σακχάρου στο αίμα, εξωτερική υγρασία κλπ) εκτελείται μία ξεχωριστή οντότητα (instance) του αλγορίθμου. Ο αλγόριθμος ταξινομεί τα λαμβανόμενα δεδομένα σε κλάσεις, με στόχο την αποδοτική οργάνωσή τους σε επιμέρους εικονικές μηχανές (cluster of Virtual Machines – VMs). Συγκριτικά με εναλλακτικές λύσεις που υπάρχουν στην βιβλιογραφία, ο προτεινόμενος αλγόριθμος υπερτερεί στο ότι χειρίζεται ετερογενή δεδομένα, μεγάλου όγκου, και τα αποθηκεύει ταξινομημένα στο cloud ώστε να μπορεί να γίνει να γίνει ανάκτησή τους γρήγορα, που αποτελεί σημαντικό παράγοντα σε περιπτώσεις που εμπλέκονται δεδομένα υγείας. Τέλος από τα ταξινομημένα δεδομένα παράγονται σύνολα κανόνων με χρήση ασαφούς λογικής για την εξαγωγή συνδυαστικών συμπερασμάτων για την κατάσταση της υγείας του ασθενή.

Λέξεις κλειδιά: Διαδίκτυο των πραγμάτων, αλγόριθμος ταξινόμησης, αισθητήρες σώματος, big data, cloud environment, fuzzy rules.

Abstract

The development of modern technology brings more and more benefits to the health sector. Indicatively, patient health monitoring applications, as well as the classification, management and remote monitoring of large volumes of medical data, benefit greatly from modern developments in the Internet of Things (IoT), wireless communications networks and Cloud Computing. The present work focuses on collecting big data from three types of sensors (body sensors, indoor and outdoor sensors), sorting them and storing them in Cloud infrastructure. A classification algorithm is proposed. For each type of sensor (for example blood pressure, body temperature, blood sugar levels, external humidity, etc.) a separate example of the algorithm is executed. The algorithm classifies the received data into classes, in order to efficiently organize them into cluster of Virtual Machines (VMs). Specifically taking into consideration the alternatives available in the literature, the proposed algorithm overrides heterogeneous, large quantities of data and stores them in the cloud so that they can be retrieved in a short time, which is an important factor in cases where health data are involved. Finally, the classified data are being used in order to generate rule bases using fuzzy logic to extract conclusions about the patient's state of health.

Index terms: Internet of Things, classification algorithm, body sensors, big data, cloud environment, fuzzy rules.

1 Εισαγωγή

Οι υποδομές Υπολογιστικής Νέφους (Cloud Computing) αναπτύσσονται ταχύτατα λόγω της χρήσης τους σε ένα ευρύ σύνολο εφαρμογών όπως η απομακρυσμένη υγειονομική περίθαλψη, τα συστήματα παρακολούθησης, οι προβλέψεις καιρού και τα συστήματα χορήγησης φαρμάκων. Όλα αυτές οι εφαρμογές δημιουργούν ένα μεγάλο όγκο δεδομένων που πρέπει να οργανωθούν, να αποθηκευτούν, και να υποστούν διάφορες μορφές επεξεργασίας. Στο περιβάλλον του cloud computing, όλοι οι πόροι είναι συγκεντρωμένοι σε μια κεντρική τοποθεσία δίνοντας στους χρήστες ευελιξία πρόσβασης ανά πάσα στιγμή ώστε να μπορούν να επωφεληθούν από τις λειτουργίες όλων αυτών των πόρων από οπουδήποτε. Επιτρέπει στους χρήστες να συλλέγουν, να έχουν πρόσβαση και να αναζητούν τα δεδομένα με ευκολία ανεξάρτητα από την τοποθεσία τους ή τη χρονική στιγμή. Σε όλες τις παραπάνω εφαρμογές, τα δεδομένα ποικίλλουν ανάλογα με το μέγεθος και τους τύπους τους, καθώς συλλέγονται από διαφορετικές τοποθεσίες και συσκευές. Αυτές οι συσκευές (όπως για παράδειγμα διάφοροι αισθητήρες) ενδέχεται να βρίσκονται σε ολόκληρο τον κόσμο σε ένα ετερογενές περιβάλλον. Τα συλλεχθέντα δεδομένα διαφέρουν ανάλογα με την ταχύτητα, τον όγκο, την ακρίβειά τους και την αξία τους [1]. Έτσι, οι παραδοσιακές τεχνικές αποθήκευσης και υπολογισμών μπορεί να μην ισχύουν για την επίτευξη υψηλού επιπέδου απόδοσης σε σχέση με παραμέτρους όπως ο χρόνος απόκρισης, η απόδοση και η ακρίβεια. Επιπλέον, τα δεδομένα που συλλέγονται από διαφορετικές συσκευές είναι χωροχρονικού χαρακτήρα, καθώς διαθέτουν και τον παράγοντα του χρόνου σε συνδυασμό με την τοποθεσία συλλογής τους, επομένως, οι παραδοσιακές διαδικασίες βάσεων δεδομένων να επεξεργαστούν μια τέτοια μεγάλη συλλογή δεδομένων μπορεί να μην λειτουργήσει καλά ανά πάσα στιγμή [1].

Τα ιατρικά δεδομένα και ιδιαίτερα όταν συλλέγονται απευθείας από αισθητήρες ανταποκρίνονται στο παραπάνω ζήτημα καθώς διαφέρουν σε μέγεθος και όγκο, ενώ οι εφαρμογές που χειρίζονται τέτοια δεδομένα είναι αναγκαίο να διαθέτουν καλή οργάνωση, γρήγορη και άμεση πρόσβασή ώστε τα δεδομένα να είναι διαθέσιμα σε περιπτώσεις ανάγκης όπου ο χρόνος παίζει σημαντικό ρόλο. Η παρούσα εργασία συνδυάζοντας όλα τα παραπάνω παρουσιάζει το σχεδιασμό ενός ολοκληρωμένου συστήματος συλλογής δεδομένων από διαφορετικά είδη αισθητήρων που συλλέγουν τόσο ιατρικά (αισθητήρες σώματος) όσο και άλλα δεδομένα (αισθητήρες παρακολούθησης των εσωτερικών και εξωτερικών συνθηκών του κτιρίου όπου βρίσκεται ο ασθενής), επεξεργασίας και αποθήκευσής τους στο cloud, και εξαγωγής συνδυαστικών συμπερασμάτων. Για την αποδοτικότερη οργάνωση τους τα δεδομένα οργανώνονται κατά είδος σε επιμέρους φεικονικές μηχανές (cluster of VMs) στα οποία προτείνεται και εφαρμόζεται ένας αλγόριθμος ταξινόμησής τους σε κλάσεις.

Ακολουθως από τα ταξινομημένα δεδομένα δημιουργούνται κανόνες με στόχο την εξαγωγή συνδυαστικών συμπερασμάτων ως προς την κατάσταση του ασθενή (καλή,

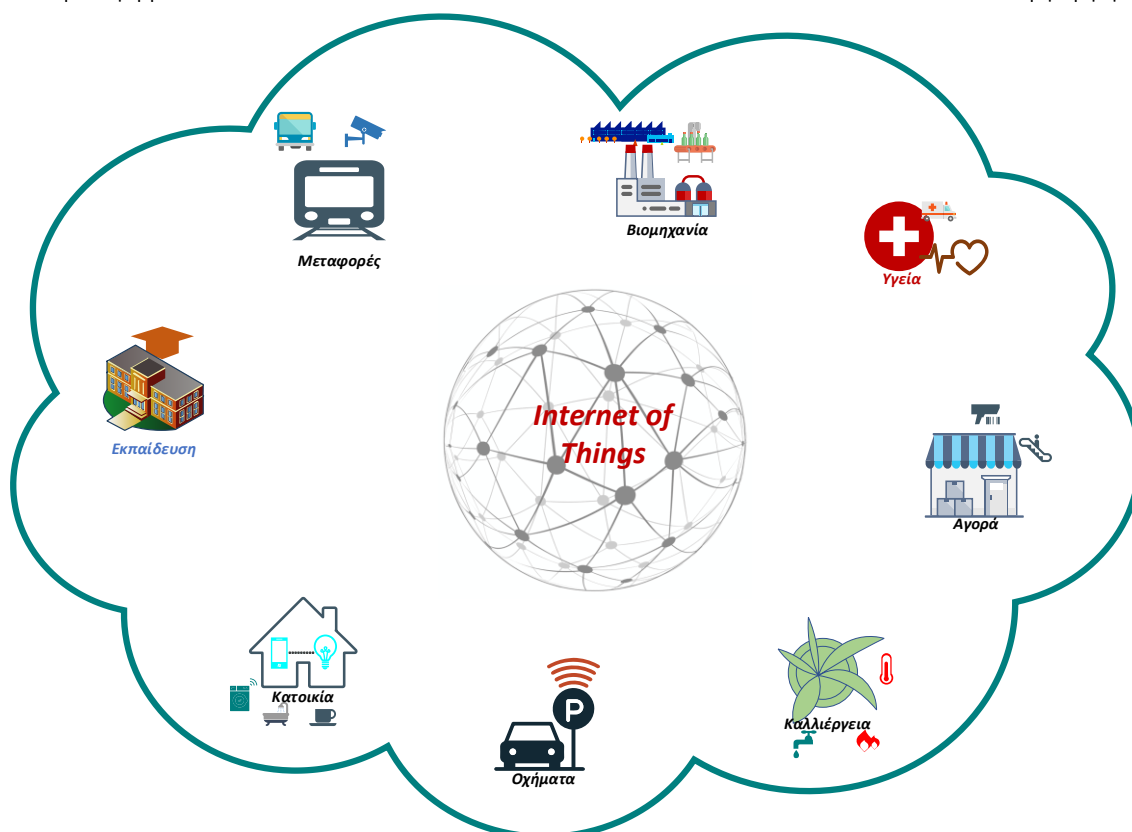
κρίσιμη κλπ) και το εάν χρήζει άμεσης ιατρικής περίθαλψης λαμβάνοντας υπ' όψιν αρχικά την κατάσταση της υγείας του με βάση τα αποτελέσματα που προκύπτουν από τους αισθητήρες σώματος και σε δεύτερο χρόνο πως μπορεί να επιδράσουν σε αυτή και (πιθανώς να την επιβαρύνουν) εξωτερικοί παράγοντες όπως είναι χαρακτηριστικά του εσωτερικού χώρου στον οποίο βρίσκεται ή του εξωτερικού χώρου στον οποίο μπορεί να βρεθεί (θερμοκρασία, υγρασία).

Έτσι, η εργασία διαρθρώνεται ως εξής: στο κεφάλαιο 2 γίνεται μία εκτενής ανασκόπηση του Διαδικτύου των Πραγμάτων συμπεριλαμβανομένης της αρχιτεκτονικής, των πρωτοκόλλων, και των κυριότερων διαθέσιμων πλατφορμών του, στο κεφάλαιο 3 περιγράφονται εφαρμογές smart health και η σχετική βιβλιογραφία, στο κεφάλαιο 4 παρουσιάζεται το προτεινόμενο σύστημα, τα δεδομένα, ο αλγόριθμος και ο τρόπος εξαγωγής συμπερασμάτων, στο κεφάλαιο 5 τα αποτελέσματα του αλγορίθμου και στο κεφάλαιο 6 τα συμπεράσματα και μελλοντικές προτάσεις συνέχισης της παρούσας εργασίας.

2 Internet of Things (IoT)

2.1 Εισαγωγή στο IoT

Ο ολόένα και αυξανόμενος αριθμός φυσικών αντικειμένων που συνδέονται στο Διαδίκτυο με έναν άνευ προηγουμένου ρυθμό εισάγει την ιδέα του Διαδικτύου των Πραγμάτων (Internet of Things - IoT). Ένα παράδειγμα τέτοιων αντικείμενων περιλαμβάνει θερμοστάτες και HVAC (θέρμανση, εξαερισμός, και κλιματισμό) συστήματα παρακολούθησης και ελέγχου που υπάρχουν στα έξυπνα σπίτια. Υπάρχουν επίσης και άλλοι τομείς και περιβάλλοντα στα οποία το Διαδίκτυο μπορεί να διαδραματίσει αξιοσημείωτο ρόλο και να βελτιώσει την ποιότητα ζωής. Αυτές οι εφαρμογές περιλαμβάνουν τις μεταφορές, την υγειονομική περίθαλψη, το βιομηχανικό αυτοματισμό και την αντιμετώπιση έκτακτων αναγκών σε φυσικές και ανθρωπογενείς καταστροφές όπου είναι δυσκολότερη η ανθρώπινη λήψη αποφάσεων. Το IoT επιτρέπει σε φυσικά αντικείμενα να βλέπουν, να ακούν, να σκέφτονται και να εκτελούν διάφορες εργασίες, έχοντας "μιλήσει" με το χειριστή τους, για να μοιραστούν πληροφορίες και να συντονίσουν αποφάσεις, και τα μετατρέπει από παραδοσιακά σε έξυπνα, εκμεταλλεύόμενο νέες τεχνολογίες όπως η πληροφορική, οι τηλεπικοινωνίες, τα δίκτυα αισθητήρων, τα Διαδικτυακά πρωτόκολλα και οι εφαρμογές (κινητές και μη). Έξυπνα αντικείμενα μαζί με τα υποθετικά καθήκοντά τους αποτελούν εφαρμογές συγκεκριμένου τομέα (κάθετες αγορές), ενώ οι υπολογιστικές και στατιστικές υπηρεσίες που προκύπτουν από διαφορετικές εφαρμογές σχηματίζουν ανεξάρτητες υπηρεσίες (οριζόντιες αγορές). Η εικόνα 1 απεικονίζει τη γενική έννοια του IoT στην οποία αλληλεπιδρά με κάθε ανεξάρτητο τομέα, ενώ σε κάθε τομέα αισθητήρες και ενεργοποιητές επικοινωνούν απευθείας μεταξύ τους.



Εικόνα 1 Τομείς εφαρμογής Internet of Things

Με την πάροδο του χρόνου, το IoT αναμένεται να έχει σημαντικό ρόλο και επιχειρηματικές εφαρμογές, συμβολή στη βελτίωση της ποιότητας ζωής την ανάπτυξη της παγκόσμιας οικονομίας. Για παράδειγμα, τα έξυπνα σπίτια θα επιτρέψουν στους κατοίκους τους να ανοίγουν αυτόματα το γκαράζ τους όταν φτάνουν σπίτι, να προετοιμάσουν τον καφέ τους, να ελέγξουν τη θέρμανση και τον κλιματισμό, τηλεοράσεις και άλλες συσκευές. Προκειμένου να εξελιχθεί και να αξιοποιήσει το πλήρες μέγεθος των δυνατοτήτων του, οι αναδυόμενες τεχνολογίες, οι καινοτομίες και οι εφαρμογές υπηρεσιών είναι αναγκαίο να αναπτυχθούν αναλογικά με τις απαιτήσεις της αγοράς και τις ανάγκες των πελατών. Επιπλέον, οι συσκευές πρέπει να ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις των πελατών όσον αφορά τη διαθεσιμότητά τους οπουδήποτε και οποτεδήποτε. Επίσης, απαιτούνται νέα πρωτόκολλα συμβατά με τις ανάγκες επικοινωνίας μεταξύ ετερογενών πραγμάτων (έμβια όντα, οχήματα, τηλέφωνα, συσκευές, αγαθά κ.λπ.).

Η τυποποίηση της αρχιτεκτονικής μπορεί να θεωρηθεί ως ραχοκοκαλιά για το IoT ώστε να δημιουργήσει ένα ανταγωνιστικό περιβάλλον για τις επιχειρήσεις για την παροχή ποιοτικών προϊόντων. Επιπλέον, η παραδοσιακή αρχιτεκτονική του Διαδικτύου πρέπει να αναθεωρηθεί ώστε να ανταποκρίνεται στις προκλήσεις του IoT. Για παράδειγμα, ο τεράστιος αριθμός αντικειμένων που πρόκειται να συνδεθούν στο Διαδίκτυο θα πρέπει να εξεταστεί σε πολλά πρωτόκολλα. Το 2010, ο αριθμός των αντικειμένων που συνδέονταν με το Διαδίκτυο είχε ξεπεράσει τον ανθρώπινο πληθυσμό της γης[1]. Ως εκ τούτου, η χρήση ενός μεγάλου χώρου διευθύνσεων (π.χ. IPv6) καθίσταται αναγκαία για

να ικανοποιηθούν οι απαιτήσεις των πελατών για έξυπνα αντικείμενα. Η ασφάλεια και η ιδιωτικότητα είναι άλλες σημαντικές απαιτήσεις για το IoT λόγω της εγγενούς ετερογένειας των αντικειμένων που συνδέονται με το Διαδίκτυο και της δυνατότητας ελέγχου των φυσικών αντικειμένων. Επιπλέον, η διαχείριση και η παρακολούθηση του IoT θα πρέπει να πραγματοποιείται για να εξασφαλιστεί η παράδοση υπηρεσιών υψηλής ποιότητας στους πελάτες με αποτελεσματικό κόστος.

Υπάρχουν πολλές δημοσιευμένες έρευνες που καλύπτουν διαφορετικές πτυχές της τεχνολογίας του Διαδικτύου. Για παράδειγμα, η έρευνα από τους Atzori et al. [2] καλύπτει τις βασικές τεχνολογίες επικοινωνίας, ενσύρματης και ασύρματης και τα δίκτυα ασύρματων αισθητήρων (WSN). Στο [3], οι συγγραφείς ασχολούνται με την αρχιτεκτονική του IoT και τις προκλήσεις της ανάπτυξης εφαρμογών Διαδικτύου. Οι συγγραφείς στο [4] παρέχουν μια έρευνα για το IoT για εξειδικευμένες κλινικές ασύρματες συσκευές που χρησιμοποιούν 6LoWPAN / IEEE 802.15.4, Bluetooth και NFC για εφαρμογές mHealth και eHealth. Επιπλέον, το [5] προσεγγίζει το IoT όσον αφορά τις τεχνολογίες που επιτρέπει, με έμφαση στο RFID και τις πιθανές εφαρμογές του. Μια επισκόπηση των σημερινών προτύπων και προκλήσεων του IETF για το IoT παρουσιάστηκε στο [6].

Το IoT προσφέρει μια μεγάλη ευκαιρία στην αγορά για κατασκευαστές εξοπλισμού, παρόχους υπηρεσιών διαδικτύου και προγραμματιστές εφαρμογών. Τα έξυπνα IoT αντικείμενα αναμένεται να φθάσουν τις 212 δισεκατομμύρια οντότητες που αναπτύσσονται παγκοσμίως έως τα τέλη του 2020 [9]. Μέχρι το 2022, οι M2M ροές αναμένεται να ανέλθουν στο 45% του συνόλου της κίνησης του Διαδικτύου [1][9][10]. Πέρα από αυτές τις προβλέψεις, το Παγκόσμιο Ινστιτούτο McKinsey ανέφερε ότι ο αριθμός των συνδεδεμένων μηχανημάτων (σε μονάδες) έχει αυξηθεί κατά 300% τα τελευταία 5 χρόνια [11]. Η παρακολούθηση ενός κυψελοειδούς δικτύου στις Η.Π.Α. μέσω του ελέγχου της κίνησης των δρόμων έδειξε επίσης μία αύξηση κατά 250% για τον όγκο κυκλοφορίας M2M αντικειμένων το 2011 [12]. Η οικονομική ανάπτυξη των υπηρεσιών που βασίζονται στο IoT είναι επίσης σημαντική για τις επιχειρήσεις. Οι εφαρμογές υγειονομικής περίθαλψης και παραγωγής είναι αναμένεται να έχουν το μεγαλύτερο οικονομικό αντίκτυπο. Εφαρμογές υγειονομικής περίθαλψης και οι σχετικές υπηρεσίες που βασίζονται στο IoT, όπως η κινητή υγεία (m-Health) και η απομακρυσμένη περίθαλψη (τηλε-υγεία) επιτρέπουν την πρόληψη, διάγνωση, θεραπεία και παρακολούθηση των ασθενών αποτελεσματικά μέσω των ηλεκτρονικών μέσων που αναμένεται να δημιουργήσουν περίπου \$ 1,1 - 2,5 τρισεκατομμύρια δολάρια σε ετήσια ανάπτυξη από την παγκόσμια οικονομία έως το 2025. Ο συνολικός ετήσιος οικονομικός αντίκτυπος που προκλήθηκε από το Διαδίκτυο εκτιμάται ότι κυμαίνεται από 2,7 τρισεκατομμύρια έως 6,2 τρισεκατομμύρια δολάρια 2025 [11].

Από την άλλη πλευρά, το Wikibon προβλέπει ότι η αξία που δημιουργήθηκε από το βιομηχανικό διαδίκτυο θα είναι περίπου 1279 δισεκατομμύρια δολάρια το 2020 με την απόδοση επένδυσης (ROI) να ανέρχεται σε 149% σε σύγκριση με 13% το 2012 [14]. Επιπλέον, η Navigant ανέφερε πρόσφατα ότι η αγορά συστημάτων αυτοματισμού κτιρίων (BAS) αναμένεται να αύξηση από 58,1 δισεκατομμύρια δολάρια το 2013 για να φθάσει τα 100,8 δισεκατομμύρια δολάρια μέχρι το 2021 αύξηση κατά 60% [15]. Όλες

αυτές οι στατιστικές, ωστόσο, δείχνουν μια δυνητικά σημαντική και ταχεία ανάπτυξη του IoT στο εγγύς μέλλον. Αυτή η εξέλιξη παρέχει μια μοναδική ευκαιρία για τους παραδοσιακούς κατασκευαστές εξοπλισμού και συσκευών να μεταμορφώσουν τα προϊόντα τους σε "έξυπνα πράγματα" ή IoT και οι συναφείς υπηρεσίες απαιτούν τους Διεθνείς Παρόχους Διαδικτύου (ISP) να αναδιαμορφώσουν τα δίκτυά τους για να παρέχουν υψηλή ποιότητα υπηρεσιών (QoS) για επικοινωνίες μηχανής με μηχανή (M2M), πρόσωπο με μηχανή (P2M) και πρόσωπο με πρόσωπο (P2P).

2.1.1 Αρχιτεκτονική του IoT

Το IoT πρέπει να είναι ικανό να διασυνδέει δισεκατομμύρια ή τρισεκατομμύρια ετερογενών αντικειμένων μέσω του Διαδικτύου, οπότε υπάρχει ανάγκη για μια ευέλικτη πολυεπίπεδη αρχιτεκτονική. Ο συνεχώς αυξανόμενος αριθμός των προτεινόμενων αρχιτεκτονικών δεν έχει ακόμη συγκλίνει σε ένα μοντέλο αναφοράς [15]. Εν τω μεταξύ, υπάρχουν κάποια έργα όπως το IoT-A [16] που προσπαθούν να σχεδιάσουν μια κοινή αρχιτεκτονική με βάση την ανάλυση των αναγκών των ερευνητών και της βιομηχανίας. Από την ομάδα των προτεινόμενων μοντέλων, το βασικό μοντέλο είναι η αρχιτεκτονική 3 επιπέδων [3], [17], [18] που αποτελείται από την εφαρμογή, το δίκτυο και τα επίπεδα απόκρισης. Στην πρόσφατη βιβλιογραφία, ωστόσο, έχουν προταθεί και άλλα μοντέλα που προσθέτουν περισσότερη αφαίρεση της αρχιτεκτονικής του Διαδικτύου [2], [3], [17] - [20]. Ουσιαστικά θα μπορούσε να διαιρεθεί σε πέντε επίπεδα:

A. Επίπεδο αντικειμένων

Αποτελείται από τα αντικείμενα (συσκευές) ή το επίπεδο αντίληψης των φυσικών αισθητήρων του IoT που αποσκοπούν στη συλλογή και την επεξεργασία πληροφορίας. Αυτό το επίπεδο περιλαμβάνει αισθητήρες και ενεργοποιητές για την εκτέλεση διαφορετικών λειτουργιών όπως η αναζήτηση θέσης, θερμοκρασία, βάρος, κίνηση, δόνηση, επιτάχυνση, υγρασία, κ.λπ. Οι τυποποιημένοι μηχανισμοί plug-and play πρέπει να χρησιμοποιηθούν από το στρώμα αντίληψης για τη διαμόρφωση ετερογενών αντικειμένων [17], [18]. Το στρώμα αντίληψης ψηφιοποιεί και μεταφέρει δεδομένα στο επίπεδο ανίχνευσης αντικειμένων μέσω ασφαλών καναλιών. Τα μεγάλα δεδομένα που δημιουργούνται από το IoT ξεκινούν σε αυτό το επίπεδο.

B. Επίπεδο αφαίρεσης αντικειμένων

Το επίπεδο αφαίρεσης αντικειμένων μεταφέρει τα δεδομένα που παράγονται από το επίπεδο αντικειμένων στο επίπεδο διαχείρισης υπηρεσιών μέσω ασφαλών καναλιών. Τα δεδομένα μπορούν να μεταφερθούν μέσω διαφόρων τεχνολογιών, όπως RFID, 3G, GSM, UMTS, WiFi, Bluetooth LowEnergy, υπέρυθρες, ZigBee, κλπ. Επιπλέον, άλλες λειτουργίες όπως το cloud computing και οι διαδικασίες διαχείρισης δεδομένων αντιμετωπίζονται εδώ [17].

Γ. Επίπεδο διαχείρισης υπηρεσιών

Το επίπεδο διαχείρισης υπηρεσιών αντιστοιχίζει μια υπηρεσία με τον αιτούντα βάσει διευθύνσεων και ονομάτων. Αυτό το επίπεδο επιτρέπει στους προγραμματιστές εφαρμογών IoT να δουλεύουν με ετερογενή αντικείμενα χωρίς να λαμβάνεται υπόψη μία συγκεκριμένη πλατφόρμα hardware. Επίσης, αυτό το επίπεδο επεξεργάζεται τα δεδομένα που λαμβάνει, λαμβάνει αποφάσεις και παρέχει τις απαιτούμενες υπηρεσίες μέσω των πρωτοκόλλων των ενσύρματων δικτύων [18], [20].

Δ. Επίπεδο εφαρμογής

Το επίπεδο εφαρμογής παρέχει τις υπηρεσίες που ζητούν οι πελάτες. Για παράδειγμα, το επίπεδο εφαρμογής μπορεί να παρέχει θερμοκρασία και μετρήσεις υγρασίας αέρα στον πελάτη που ζητά τα δεδομένα αυτά. Η σημασία αυτού του επιπέδου για το IoT είναι ότι έχει την ικανότητα να παρέχει υψηλής ποιότητας έξυπνες υπηρεσίες και να ικανοποιεί τις ανάγκες των πελατών. Το επίπεδο εφαρμογής καλύπτει πολλές κάθετες αγορές όπως το έξυπνο σπίτι, το έξυπνο κτίριο, οι μεταφορές, ο βιομηχανικός αυτοματισμός και η έξυπνη υγειονομική περίθαλψη [17] - [19].

Ε. Επιχειρηματικό επίπεδο

Το επιχειρηματικό επίπεδο (επίπεδο διαχείρισης) διαχειρίζεται το συνολικό των IoT δραστηριοτήτων και υπηρεσιών του συστήματος. Οι ευθύνες αυτού του επιπέδου είναι να δομηθεί ένα επιχειρηματικό μοντέλο, γραφήματα, διαγράμματα ροής, κλπ. με βάση τα ληφθέντα δεδομένα από το επίπεδο εφαρμογής. Στόχος του είναι επίσης να σχεδιάζει, να αναλύει, να εφαρμόζει, να αξιολογεί, να παρακολουθεί και να αναπτύσσει στοιχεία που σχετίζονται με το IoT σύστημα. Το επιχειρηματικό επίπεδο καθιστά δυνατή τη στήριξη διαδικασιών λήψης αποφάσεων βασισμένων σε ανάλυση μεγάλου όγκου δεδομένων (Big Data). Επιπλέον, η παρακολούθηση και διαχείριση των προηγούμενων τεσσάρων επιπέδων επιτυγχάνεται σε αυτό το επίπεδο. Παράλληλα, συγκρίνει την έξοδο κάθε επιπέδου με την αναμενόμενη έξοδο με σκοπό την ενίσχυση των υπηρεσιών και τη διατήρηση της ιδιωτικότητας των χρηστών, [18].

Στο μοντέλο πέντε επιπέδων, το επίπεδο εφαρμογής είναι η διεπαφή μέσω των οποίων οι τελικοί χρήστες μπορούν να αλληλεπιδράσουν με μια συσκευή και να ζητήσουν δεδομένα. Παρέχει επίσης μια διεπαφή στο επιχειρηματικό επίπεδο όπου μπορούν να παραχθούν αναλύσεις και εκθέσεις υψηλού επιπέδου. Ο μηχανισμός ελέγχου πρόσβασης των δεδομένων στο επίπεδο εφαρμογής αντιμετωπίζεται επίσης σε αυτό το επίπεδο, το οποίο φιλοξενείται σε ισχυρές συσκευές λόγω των πολύπλοκων και τεράστιων υπολογιστικών αναγκών του. Λαμβάνοντας υπόψη αυτά τα σημεία από τη μια πλευρά, καθώς και την απλότητα της αρχιτεκτονικής του από την άλλη πλευρά, η αρχιτεκτονική πέντε επιπέδων είναι το πιο εφαρμόσιμο μοντέλο για εφαρμογές IoT.

2.1.2 Δομικά Στοιχεία του IoT

Η κατανόηση των δομικών στοιχείων του IoT βοηθά στην καλύτερη κατανόηση της πραγματικής σημασίας και λειτουργικότητας του IoT. Σε αυτή την υποενότητα θα αναλυθούν τα έξι βασικά στοιχεία που απαιτούνται για την κατασκευή ενός λειτουργικού συστήματος IoT.

1. Αναγνώριση

Η αναγνώριση είναι ζωτικής σημασίας για την αντιστοίχιση IoT υπηρεσιών με τις ανάγκες ζήτησής τους. Πολλές μέθοδοι αναγνώρισης διατίθενται για το διαδίκτυο, όπως οι ηλεκτρονικοί κωδικοί προϊόντων (EPC) και τα uCode [21]. Το αναγνωριστικό ενός αντικειμένου αναφέρεται στο όνομα του, όπως το "T1" για ένα συγκεκριμένο αισθητήρα θερμοκρασία και η διεύθυνση του αντικειμένου αναφέρεται στη διεύθυνσή του μέσα σε ένα δίκτυο επικοινωνιών. Οι μέθοδοι διευθυνσιοδότησης των αντικειμένων του IoT περιλαμβάνουν IPv6 και IPv4. Το 6LoWPAN [22], [23] παρέχει έναν μηχανισμό συμπίεσης πάνω από τις επικεφαλίδες IPv6 που κάνει την διεύθυνση IPv6 κατάλληλη για ασύρματα δίκτυα χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας. Ο διαχωρισμός μεταξύ του αναγνωριστικού ενός αντικειμένου και της διεύθυνσής του είναι απαραίτητος, δεδομένου ότι οι μέθοδοι ταυτοποίησης δεν είναι παγκοσμίως μοναδικοί, έτσι η διευθυνσιοδότηση βοηθάει στην μοναδική αναγνώριση αντικειμένων. Επιπλέον, αντικείμενα εντός του δικτύου ενδέχεται να χρησιμοποιούν δημόσιες διευθύνσεις IP και όχι ιδιωτικές. Οι μέθοδοι αναγνώρισης χρησιμοποιούνται για την παροχή μιας ξεκάθαρης ταυτότητας για κάθε αντικείμενο εντός του δικτύου.

2. Ανίχνευση μέσω αισθητήρων

Η ανίχνευση στο IoT συνεπάγεται τη συλλογή δεδομένων από αντικείμενα στο δίκτυο και την αποστολή τους πίσω σε μια αποθήκη δεδομένων, μία βάση δεδομένων ή ένα σύννεφο. Τα δεδομένα που συλλέγονται αναλύονται για να ληφθούν συγκεκριμένες ενέργειες που βασίζονται σε απαιτούμενες υπηρεσίες. Οι αισθητήρες στο IoT μπορούν να είναι έξυπνοι αισθητήρες, ενεργοποιητές ή συσκευές αισθητήρων που φοριούνται. Για παράδειγμα, εταιρείες όπως το Wemo, revoIn και SmartThings προσφέρουν έξυπνους κόμβους και εφαρμογές κινητής τηλεφωνίας που επιτρέπουν στους χρήστες να παρακολουθούν και ελέγχουν χιλιάδες έξυπνες συσκευές και συσκευές μέσα σε κτίρια χρησιμοποιώντας τα smartphones τους [24] - [26]. Υπολογιστές μονής πλακέτας (SBCs) με ενσωματωμένους αισθητήρες και αισθητήρες με ενσωματωμένες λειτουργίες TCP / IP και ασφάλειας χρησιμοποιούνται συνήθως για τη δημιουργία προϊόντων IoT (π.χ., Arduino Yun, Raspberry PI, BeagleBone Μαύρο κλπ.). Τέτοιες συσκευές τυπικά συνδέονται με μία κεντρική πύλη διαχείρισης για την παροχή των απαιτούμενων δεδομένων στους πελάτες.

3. Πρωτόκολλα Επικοινωνίας

Οι τεχνολογίες επικοινωνίας IoT συνδέουν ετερογενώς αντικείμενα για να παρέχουν συγκεκριμένες έξυπνες υπηρεσίες. Συνήθως, οι κόμβοι IoT θα πρέπει να

λειτουργούν με χαμηλή ισχύ παρουσία ζημιογόνων και θορυβωδών επικοινωνιακών συνδέσεων. Παραδείγματα πρωτοκόλλων επικοινωνίας που χρησιμοποιούνται για το IoT είναι το WiFi, Bluetooth, IEEE 802.15.4, Z-Wave και LTE-Advanced. Επίσης χρησιμοποιούνται και κάποιες επιπλέον τεχνολογίες επικοινωνίας όπως η RFID, Near Field Communication (NFC) και το εξαιρετικά ευρύ εύρος ζώνης (UWB). Πιο αναλυτικά:

- Το RFID είναι η πρώτη τεχνολογία που χρησιμοποιείται για την υλοποίηση της ιδέας του M2M (RFID ετικέτα και αναγνώστης). Η ετικέτα RFID αντιπροσωπεύει ένα απλό τσιπ ή ετικέτα προσαρμοσμένο για την παροχή ταυτότητας αντικειμένου. Ο αναγνώστης RFID μεταδίδει ένα σήμα ερωτήματος στην ετικέτα και λαμβάνει ένα ανακλώμενο σήμα από την ετικέτα, η οποία με τη σειρά της μεταβιβάζεται στη βάση δεδομένων. Η βάση δεδομένων συνδέεται σε ένα κέντρο επεξεργασίας για τον εντοπισμό αντικειμένων που βασίζονται στις αντανακλάσεις σημάτων εντός εύρους (10 cm έως 200 m) [27]. Η ετικέτα RFID μπορεί να είναι ενεργή, παθητική ή ημι-παθητική / ενεργή. Οι ενεργές ετικέτες είναι που τροφοδοτούνται με μπαταρία, ενώ τα παθητικά δεν χρειάζονται μπαταρία. Οι ημι-παθητικές / ενεργές ετικέτες χρησιμοποιούν την πλακέτα όταν χρειάζεται.
- Το πρωτόκολλο NFC λειτουργεί στη ζώνη υψηλών συχνοτήτων στα 13.56MHz και υποστηρίζει ρυθμό δεδομένων μέχρι 424 kbps. Το εύρος που ισχύει είναι μέχρι 10 cm όπου επικοινωνία μπορεί να υπάρξει μεταξύ ενεργών αναγνώστων και παθητικές ετικέτες ή μεταξύ δύο ενεργών αναγνώστων [28]. Η τεχνολογία UWB έχει σχεδιαστεί για να υποστηρίζει τις επικοινωνίες σε μια περιοχή χαμηλής κάλυψης χρησιμοποιώντας χαμηλή ενέργεια και υψηλή εύρος ζώνης ενώ οι εφαρμογές για τη σύνδεση αισθητήρων έχουν αυξηθεί [29].
- Μια άλλη τεχνολογία επικοινωνίας είναι το WiFi που χρησιμοποιεί ραδιοκύματα για την ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ των αντικειμένων εντός εύρους 100 μ [30]. Το WiFi επιτρέπει στις έξυπνες συσκευές να επικοινωνούν και να ανταλλάσσουν πληροφορίες χωρίς τη χρήση δρομολογητή σε ορισμένες διαμορφώσεις ad hoc.
- Το Bluetooth παρουσιάζει μια τεχνολογία επικοινωνίας που χρησιμοποιείται για την ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ συσκευών σε μικρές αποστάσεις με χρήση μικρού μήκους κύματος για την ελαχιστοποίηση της κατανάλωσης ρεύματος [31]. Πρόσφατα, δημιουργήθηκε η ομάδα ειδικού ενδιαφέροντος Bluetooth (SIG) Bluetooth 4.1 που παρέχει Bluetooth χαμηλής ενέργειας καθώς και σύνδεση υψηλής ταχύτητας και IP για την υποστήριξη του Διαδικτύου [32].
- Το πρότυπο IEEE 802.15.4 καθορίζει τόσο ένα φυσικό επίπεδο όσο και ένα μέσο έλεγχο πρόσβασης για ασύρματα δίκτυα χαμηλής κατανάλωσης που στοχεύουν σε αξιόπιστες και επεκτάσιμες επικοινωνίες [33].
- Το LTE (Long-Term Evolution) είναι αρχικά ένα πρότυπο ασύρματης επικοινωνίας για μεταφορά δεδομένων υψηλής ταχύτητας μεταξύ κινητών

τηλέφωνων που βασίζεται σε τεχνολογίες δικτύων GSM / UMTS [34]. Μπορεί να καλύψει συσκευές ταχείας κίνησης και να παρέχει multicasting και broadcasting υπηρεσίες.

- Το LTE-A (LTE Advanced) [35] είναι μια βελτιωμένη έκδοση LTE συμπεριλαμβανομένης της επέκτασης εύρους ζώνης η οποία υποστηρίζει μέχρι 100 MHz, χωρική πολύπλεξη σε εισερχόμενα και εξερχόμενα δεδομένα, εκτεταμένη κάλυψη, υψηλότερη απόδοση και χαμηλότερες λανθάνουσες περιόδους.

4. Υπολογιστική υποδομή

Οι μονάδες επεξεργασίας (π.χ. μικροελεγκτές, μικροεπεξεργαστές, SOC, FPGAs) και οι εφαρμογές λογισμικού αντιπροσωπεύουν τον "εγκέφαλο" και την υπολογιστική ικανότητα του IoT. Διάφορες πλατφόρμες υλικού αναπτύχθηκαν για να τρέξουν εφαρμογές IoT όπως το Arduino, UDOO, FriendlyARM, Intel Galileo, Raspberry Pi, Gadgeteer, BeagleBone, Cubieboard, Z1, WiSense, Mulle και T-Mote Sky. Επιπλέον, πολλές πλατφόρμες λογισμικού χρησιμοποιούνται για την παροχή IoT λειτουργίες. Μεταξύ αυτών των πλατφορμών, τα λειτουργικά συστήματα είναι ζωτικής σημασίας αφού τρέχουν για ολόκληρο τον χρόνο λειτουργίας μιας συσκευής. Υπάρχουν αρκετά λειτουργικά συστήματα πραγματικού χρόνου (RTOS) που είναι καλοί υποψήφιοι για την ανάπτυξη IoT βασισμένων σε RTOS εφαρμογών. Για παράδειγμα, το Contiki RTOS έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως σε σενάρια IoT. Η Contiki έχει έναν προσομοιωτή που ονομάζεται Cooja που επιτρέπει στους ερευνητές και τους προγραμματιστές να προσομοιώσουν και να μιμηθούν εφαρμογές IoT και δικτύων ασύρματων αισθητήρων (WSN) [36]. Τα TinyOS [37], το LiteOS [38] και το Riot OS [39] προσφέρουν επίσης ελαφρύ λογισμικό σχεδιασμένο για περιβάλλοντα IoT. Επιπλέον, μερικοί οι ηγέτες της αυτοκινητοβιομηχανίας σε συνεργασία με την Google ίδρυσαν το Open Auto Alliance (OAA) και σχεδιάζουν να φέρουν νέα χαρακτηριστικά στην πλατφόρμα Android για την επιτάχυνση της υιοθέτησης του Διαδικτύου των Οχημάτων (IoV) [40]. Οι πλατφόρμες Cloud αποτελούν ένα άλλο σημαντικό υπολογιστικό μέρος του IoT. Αυτές οι πλατφόρμες παρέχουν εγκαταστάσεις ώστε τα έξυπνα αντικείμενα να στείλουν τα δεδομένα τους στο σύννεφο (cloud), με στόχο την επεξεργασία μεγάλων δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, και με αποτέλεσμα οι τελικοί χρήστες να επωφεληθούν από τα αποτελέσματα και τις πληροφορίες που εξάγονται από τα συλλεγμένα μεγάλα δεδομένα. Υπάρχουν πολλές ελεύθερες και εμπορικές πλατφόρμες cloud καθώς και διαθέσιμες υπηρεσίες φιλοξενίας IoT.

5. Υπηρεσίες

Συνολικά, οι υπηρεσίες IoT μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε τέσσερις κατηγορίες [41], [42]: Υπηρεσίες σχετιζόμενες με την ταυτότητα, Υπηρεσίες Συγκέντρωσης πληροφοριών, Συνεργατικές-Γνωστικές Υπηρεσίες και Πανεπιστημιακές Παροχές:

- i. Οι υπηρεσίες που σχετίζονται με την ταυτότητα είναι οι πιο βασικές και σημαντικές υπηρεσίες που χρησιμοποιούνται σε άλλους τύπους υπηρεσιών. Κάθε εφαρμογή που πρέπει να φέρει αντικείμενα του

πραγματικού κόσμου στον εικονικό πρέπει να προσδιορίσει αυτά τα αντικείμενα.

- ii. Συγκέντρωση πληροφοριών: Οι υπηρεσίες συλλέγουν και συνοψίζουν τις πρώτες μετρήσεις των αισθητήρων που πρέπει να υποβληθούν σε επεξεργασία και να αναφερθούν στην εφαρμογή IoT.
- iii. Οι Συνεργατικές-Γνωστικές Υπηρεσίες λειτουργούν πάνω από τις Υπηρεσίες Συγκέντρωσης Πληροφοριών και χρησιμοποιούν τα δεδομένα που λαμβάνονται για να ληφθεί μια απόφαση και αντιδράσουν ανάλογα. Αντίστοιχα, οι γενικευμένες υπηρεσίες έχουν ως στόχο την παροχή υπηρεσιών οποτεδήποτε είναι απαραίτητες σε οποιονδήποτε τις χρειάζεται.

Ο τελικός στόχος όλων των εφαρμογών IoT είναι να φτάσουν σε ένα επίπεδο όπου παντού θα υπάρχουν υπηρεσίες. Ωστόσο, αυτό δεν είναι εφικτό εύκολα δεδομένου ότι υπάρχουν πολλές προκλήσεις που πρέπει να αντιμετωπιστούν. Η έξυπνη υγειονομική περίθαλψη και τα smart grids ανήκουν στην κατηγορία συγκέντρωσης πληροφοριών ενώ το έξυπνο σπίτι, τα έξυπνα κτίρια, τα έξυπνα συστήματα μεταφορών (ITS) και ο βιομηχανικός αυτοματισμός είναι πιο κοντά στην κατηγορία των συνεργατικών υπηρεσιών.

6. Σημασιολογία

Η σημασιολογία στο IoT αναφέρεται στην ικανότητα εξαγωγής γνώσεων από διαφορετικά μηχανήματα για την παροχή των απαιτούμενων υπηρεσιών. Η εξαγωγή γνώσης περιλαμβάνει την ανακάλυψη και τη χρήση πόρων και τη μοντελοποίηση των πληροφοριών. Επίσης, περιλαμβάνει την αναγνώριση και την ανάλυση δεδομένων με στόχο την κατανόηση της σωστής απόφασης ώστε να χορηγηθεί η ακριβής απαιτούμενη υπηρεσία [62]. Έτσι, η σημασιολογία αντιπροσωπεύει τον πυρήνα του IoT με την αποστολή αιτημάτων στον σωστό πόρο. Αυτή η απαίτηση υποστηρίζεται από τεχνολογίες Σημασιολογικού Ιστού όπως ο Πλαίσιο Περιγραφής Πόρων (RDF) και την Γλώσσα Οντολογίας Ιστού (OWL).

Το 2011, η κοινοπραξία World Wide Web (W3C) υιοθέτησε τη μορφή Efficient XML Interchange (EXI) ως μια πρόταση [63]. Το EXI είναι σημαντικό στο πλαίσιο του IoT επειδή έχει σχεδιαστεί για τη βελτιστοποίηση των εφαρμογών XML για περιβάλλοντα περιορισμένων πόρων. Επιπλέον, μειώνει τις ανάγκες εύρους ζώνης χωρίς να επηρεάζει σχετικούς πόρους, όπως η διάρκεια ζωής της μπαταρίας, το μέγεθος του κώδικα, την ενέργεια που καταναλώνεται για την επεξεργασία και το μέγεθος μνήμης. Το EXI μετατρέπει τα μηνύματα XML σε δυαδική μορφή για να μειωθεί το απαιτούμενο εύρος ζώνης και να ελαχιστοποιηθεί ο απαιτούμενος αποθηκευτικός χώρος.

2.1.3 Πρωτόκολλα IoT

Προτείνονται πολλά πρότυπα IoT για διευκόλυνση και απλούστευση των θέσεων εργασίας των προγραμματιστών εφαρμογών και των παρόχων υπηρεσιών. Σε αυτή την ενότητα, τα πρωτόκολλα του IoT ταξινομούνται σε τέσσερις γενικές κατηγορίες: πρωτόκολλα εφαρμογής, πρωτόκολλα ανακάλυψης υπηρεσιών, πρωτόκολλα υποδομής και άλλα πρωτόκολλα. Ωστόσο, δεν χρειάζεται να συγκεντρωθούν όλα μαζί για να παραδοθεί μια δεδομένη εφαρμογή IoT. Επιπλέον, με βάση τη φύση της εφαρμογής IoT, ορισμένα πρότυπα δεν χρειάζεται να υποστηριχθούν. Στις επόμενες υποενότητες, παρέχεται μια επισκόπηση ορισμένων εκ των κοινών πρωτοκόλλων αυτών των κατηγοριών και της λειτουργικότητας του πυρήνα τους.

A. Πρωτόκολλα εφαρμογής

1. Πρωτόκολλο περιορισμένης εφαρμογής (Constrained Application Protocol - CoAP): Είναι ένα πρωτόκολλο επιπέδου εφαρμογής [64], [65] για εφαρμογές IoT. Το CoAP ορίζει ένα διαδικτυακό πρωτόκολλο μεταφοράς με βάση την Αναφορά Κρατικής Μεταφοράς (REST) πάνω από λειτουργίες HTTP. Το REST αντιπροσωπεύει έναν απλούστερο τρόπο ανταλλαγής δεδομένων μεταξύ υπολογιστών-πελατών και διακομιστών μέσω HTTP [66]. Μπορεί να θεωρηθεί ως ένα πρωτόκολλο σύνδεσης στο αρχείο κρυφής μνήμης που βασίζεται στην αρχιτεκτονική πελάτη-διακομιστή. Χρησιμοποιείται σε κινητά και εφαρμογές κοινωνικών δικτύων και εξαλείφει τις ασάφειες με τη χρήση των μεθόδων *get*, *post*, *put* και *delete* του HTTP. Το REST επιτρέπει στους πελάτες και τους διακομιστές να χρησιμοποιούν διαδικτυακές υπηρεσίες όπως το Πρωτόκολλο Πρόσβασης Απλών Αντικειμένων (SOAP), αλλά με έναν ευκολότερο τρόπο χρησιμοποιώντας Uniform ταυτοποιητές πόρων (URI). Τέλος, δεν απαιτεί XML για ανταλλαγές μηνυμάτων. Σε αντίθεση με το REST, το CoAP δεσμεύεται με το UDP (όχι TCP) από προεπιλογή γεγονός που το καθιστά καταλληλότερο για τις εφαρμογές IoT. Επιπλέον, CoAP τροποποιεί ορισμένες λειτουργίες HTTP για την κάλυψη των απαιτήσεων του IoT όπως η χαμηλή κατανάλωση ενέργειας και η συνεχής λειτουργία παρά την παρουσία θορύβου στη σύνδεση. Ωστόσο, δεδομένου ότι το CoAP σχεδιάστηκε με βάση το REST, η μετατροπή μεταξύ αυτών των δύο πρωτοκόλλων σε REST-CoAP proxy είναι απλή. Το CoAP στοχεύει να δώσει τη δυνατότητα σε μικρές συσκευές με χαμηλή κατανάλωση ενέργειας, και περιορισμένες υπολογιστικές δυνατότητες και ικανότητες επικοινωνίας για τη χρήση των RESTful αλληλεπιδράσεων. Το CoAP μπορεί να χωριστεί σε δύο υποεπίπεδα: το επίπεδο μηνυμάτων και το επίπεδο αίτησης / απόκρισης. Το επίπεδο μηνυμάτων ανιχνεύει επαναλήψεις και παρέχει αξιόπιστη επικοινωνία μέσω του στρώματος μεταφοράς UDP χρησιμοποιώντας *exponential backoff* αφού το UDP δεν διαθέτει ενσωματωμένο μηχανισμό ανάκτησης σφάλματος. Το επίπεδο αίτησης / απόκρισης από την άλλη πλευρά χειρίζεται επικοινωνίες REST. Το CoAP χρησιμοποιεί τέσσερις τύπους μηνυμάτων: επιβεβαιωμένα, μη

επιβεβαιωμένα, επαναφοράς και επιβεβαίωσης. Η αξιοπιστία του CoAP επιτυγχάνεται με ένα μείγμα επιβεβαιωμένων και μη επιβεβαιωμένων μηνυμάτων. Αυτοί οι τύποι μηνυμάτων χρησιμοποιούνται όταν ο διακομιστής πρέπει να περιμένει ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα πριν απαντήσει στον πελάτη. Στο μη επιβεβαιωμένο τύπο απάντησης, ο πελάτης στέλνει δεδομένα χωρίς να περιμένει ένα μήνυμα επιβεβαίωσης, ενώ τα αναγνωριστικά μηνυμάτων χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση διπλότυπων. Η πλευρά του διακομιστή ανταποκρίνεται με μήνυμα επαναφοράς όταν εμφανίζονται μηνύματα που έχουν χαθεί ή προκύψουν προβλήματα επικοινωνίας. Το CoAP, όπως το HTTP, χρησιμοποιεί μεθόδους GET, PUT, POST και DELETE για να επιτύχει λειτουργίες δημιουργίας, ανάκτησης, ενημέρωσης και διαγραφής (CRUD). Για παράδειγμα, η μέθοδος GET μπορεί να χρησιμοποιηθεί από ένα διακομιστή σε ερώτημα για τη θερμοκρασία του client. Ο client στέλνει πίσω τη θερμοκρασία εάν υπάρχει, ενώ σε διαφορετική περίπτωση, απαντά με έναν κωδικό κατάστασης για να υποδείξει ότι τα ζητούμενα δεδομένα δεν βρέθηκαν.

Το CoAP χρησιμοποιεί μια απλή και μικρή μορφή για την κωδικοποίηση μηνυμάτων. Το πρώτο και σταθερό μέρος κάθε μηνύματος είναι τέσσερα bytes κεφαλίδας. Στη συνέχεια, μπορεί να εμφανιστεί μια διακριτή τιμή της οποίας το μήκος κυμαίνεται από μηδέν έως οκτώ byte. Η συμβολική τιμή χρησιμοποιείται για συσχέτιση αιτήματων και απαντήσεων. Τα επόμενα προαιρετικά πεδία είναι οι επιλογές και το ωφέλιμο φορτίο. Ένα τυπικό μήνυμα CoAP μπορεί να είναι μεταξύ 10 και 20 bytes [67]. Μερικά από τα σημαντικά χαρακτηριστικά που παρέχει το CoAP περιλαμβάνουν [65], [68]:

- Παρατήρηση πόρων: Συνδρομές κατά παραγγελία για τον έλεγχο των πόρων ενδιαφέροντος χρησιμοποιώντας το μηχανισμό δημοσίευσης / εγγραφής.
- Αποκλειστική μεταφορά πόρων: Δυνατότητα ανταλλαγής δεδομένων πομποδέκτη μεταξύ του πελάτη και του διακομιστή χωρίς την ανάγκη να ενημερωθούν όλα τα δεδομένα για να μειωθεί η επικοινωνιακή συμφόρηση.
- Εύρεση πόρων: Ο διακομιστής χρησιμοποιεί γνωστές URI διαδρομές που βασίζονται στα πεδία διαδικτυακών συνδέσμων σε μορφοποίηση CoRE ώστε να πραγματοποιηθεί εύρεση πόρων για τον πελάτη.
- Αλληλεπίδραση με HTTP: Ευελιξία επικοινωνίας με πολλές συσκευές, επειδή η κοινή αρχιτεκτονική REST επιτρέπει στο CoAP να αλληλεπιδρά εύκολα με το HTTP μέσω ενός proxy.
- Ασφάλεια: Το CoAP είναι ένα ασφαλές πρωτόκολλο δεδομένου ότι είναι χτισμένο πάνω από την ασφάλεια του στρώματος μεταφοράς δεδομένων (DTLS) για την εγγύηση της ακεραιότητας και της εμπιστευτικότητας των μηνυμάτων που ανταλλάσσονται.

2. Μεταφορά τηλεμετρίας ουράς μηνυμάτων (MQTT): Το MQTT είναι ένα πρωτόκολλο ανταλλαγής μηνυμάτων που εισήγαγε ο Andy Stanford-Clark της IBM και ο Arlen Nipper της Arcom (νυν Eurotech) το 1999 και τυποποιήθηκε το 2013 στο OASIS [70]. Σκοπός του MQTT είναι η σύνδεση ενσωματωμένων συσκευών και δικτύων με εφαρμογές και ενδιάμεσο λογισμικό. Η λειτουργία σύνδεσης χρησιμοποιεί δρομολόγηση (ένα προς ένα, ένα προς πολλά, πολλά προς πολλά) και ενεργοποιεί το MQTT ως ένα βέλτιστο πρωτόκολλο σύνδεσης για το IoT και τις τεχνολογίες M2M.

Το MQTT χρησιμοποιεί το μοτίβο δημοσίευσης / εγγραφής για την παροχή ευέλικτης μετάβασης και απλής υλοποίησης. Επίσης, είναι κατάλληλο για συσκευές περιορισμένων πόρων που χρησιμοποιούν αναξιόπιστους ή χαμηλού εύρους ζώνης συνδέσμους. Το MQTT είναι ενσωματωμένο στην κορυφή του πρωτοκόλλου TCP. Παρέχει μηνύματα μέσω τριών επιπέδων του QoS. Υπάρχουν δύο σημαντικές προδιαγραφές για το MQTT: Το MQTT v3.1 και το MQTT-SN [71] (παλαιότερα γνωστό ως MQTT-S) V1.2. Το τελευταίο καθορίστηκε ειδικά για δίκτυα αισθητήρων και καθορίζει μια χαρτογράφηση UDP του MQTT. Τα χαρακτηριστικά του αποτελούνται από τρία στοιχεία: τη σημασιολογία σύνδεσης, τη δρομολόγηση και το τελικό σημείο. Το MQTT αποτελείται απλώς από τρία στοιχεία, συνδρομητές, εκδότες, και ενδιάμεσους. Μια ενδιαφέρουσα συσκευή θα εγγραφεί ως συνδρομητής για συγκεκριμένα θέματα, προκειμένου να ενημερωθεί από τον ενδιάμεσο όταν οι εκδότες δημοσιεύουν θέματα ενδιαφέροντος. Ο εκδότης ενεργεί ως γεννήτρια ενδιαφέροντων δεδομένων. Μετά από αυτό, ο εκδότης διαβιβάζει τις πληροφορίες στους ενδιαφερόμενους φορείς (συνδρομητές) μέσω του ενδιάμεσου. Επιπλέον, ο ενδιάμεσος εξασφαλίζει ασφάλεια ελέγχοντας την εξουσιοδότηση των εκδοτών και των συνδρομητών [71]. Πολλές εφαρμογές χρησιμοποιούν το MQTT όπως οι εφαρμογές υγείας, παρακολούθησης, μετρητών ενέργειας και ειδοποιήσεων Facebook. Επομένως, το πρωτόκολλο MQTT αντιπροσωπεύει ένα ιδανικό πρωτόκολλο μηνυμάτων για επικοινωνίες IoT και M2M και είναι σε θέση να παρέχει δρομολόγηση για μικρές, φθηνές, χαμηλής ισχύος και χαμηλής μνήμης συσκευές σε ευάλωτα δίκτυα και δίκτυα χαμηλού εύρους ζώνης.

3. Πρωτόκολλο επεκτάσιμων μηνυμάτων (XMPP): Το XMPP είναι πρότυπο IETF άμεσων μηνυμάτων (IM) που χρησιμοποιείται για συνομιλία με πολλούς συμμετέχοντες, κλήσεις φωνής και βίντεο και τηλεδιασκέψεις [72]. Το XMPP αναπτύχθηκε από την ανοικτή πηγή Jabber να υποστηρίξει ένα ανοιχτό, ασφαλές, χωρίς sram και αποκεντρωμένο πρωτόκολλο ανταλλαγής μηνυμάτων. Επιτρέπει στους χρήστες να επικοινωνούν μεταξύ τους με την αποστολή άμεσων μηνυμάτων στο διαδίκτυο ανεξάρτητα από το λειτουργικό σύστημα που χρησιμοποιούν. Το XMPP επιτρέπει εφαρμογές IM για την επίτευξη ελέγχου ταυτότητας, ελέγχου πρόσβασης, απορρήτων μετρήσεων, κρυπτογράφηση από άκρο σε άκρο, και συμβατότητα με άλλα πρωτόκολλα. Οι πολλές δυνατότητες

του XMPP το καθιστούν το προτιμώμενο πρωτόκολλο από τις περισσότερες εφαρμογές IM και εφαρμογές στο πλαίσιο του IoT. Τρέχει μέσω μιας ποικιλίας πλατφορμών που βασίζονται στο Διαδίκτυο σε ένα αποκεντρωμένο δίκτυο. Είναι ασφαλές και επιτρέπει την προσθήκη νέων εφαρμογών πάνω από τα πρωτόκολλα πυρήνα. Το XMPP συνδέει έναν πελάτη σε ένα διακομιστή που χρησιμοποιεί ένα ρεύμα κομματιών XML. Ένα κομμάτι XML αντιπροσωπεύει ένα τμήμα κώδικα που χωρίζεται σε τρία στοιχεία: μήνυμα, παρουσία και iq (info / query). Η επικοινωνία με βάση το κείμενο στο XMPP με χρήση XML επιβάλλει ένα αρκετά υψηλό επίπεδο δίκτυου. Μια λύση σε αυτό το πρόβλημα είναι η συμπίεση ροών XML χρησιμοποιώντας EXI όπως αναφέρεται στο [74].

4. Σύνθετο Πρωτόκολλο Ροής Μηνυμάτων (AMQP): Το AMQP [75] είναι ένα πρωτόκολλο εφαρμογής ανοιχτών προτύπων για το IoT εστιάζοντας σε περιβάλλοντα με γνώμονα τα μηνύματα. Υποστηρίζει αξιόπιστη επικοινωνία μέσω πρωτότυπων εγγυήσεων παράδοσης μηνυμάτων (πιο συγκεκριμένα παραδόσεων το πολύ μια φορά, τουλάχιστον μία φορά και ακριβώς μία φορά). Απαιτεί ένα αξιόπιστο πρωτόκολλο μεταφοράς, όπως το TCP για την ανταλλαγή μηνυμάτων. Οι επικοινωνίες αποτελούνται από δύο βασικά εξαρτήματα: ανταλλαγές και ουρές μηνυμάτων. Οι ανταλλαγές χρησιμοποιούνται για τη δρομολόγηση των μηνυμάτων σε κατάλληλες ουρές. Η διαδρομή μεταξύ ανταλλαγών και ουρών μηνυμάτων βασίζονται σε ορισμένους προκαθορισμένους κανόνες και συνθήκες. Τα μηνύματα μπορούν να αποθηκευτούν σε ουρές μηνυμάτων και στη συνέχεια να σταλούν σε δέκτες. Πέρα από αυτόν τον τύπο επικοινωνίας από σημείο σε σημείο, το AMQP υποστηρίζει επίσης το μοντέλο επικοινωνίας δημοσίευσης / εγγραφής. Ουσιαστικά ορίζει ένα επίπεδο μηνυμάτων πάνω από το επίπεδο μεταφοράς, ενώ οι δυνατότητες των μηνυμάτων αντιμετωπίζονται σε αυτό το επίπεδο. Το AMQP ορίζει δύο τύπους μηνυμάτων: απλά μηνύματα που παρέχονται από τον αποστολέα και σχολιασμένα μηνύματα που εμφανίζονται στον δέκτη.
5. Υπηρεσία Διανομής Δεδομένων (DDS): Η Υπηρεσία Διανομής Δεδομένων (DDS) είναι ένα πρωτόκολλο δημοσίευσης-εγγραφής για M2M επικοινωνίες σε πραγματικό χρόνο που έχει αναπτυχθεί από την ομάδα διαχείρισης αντικειμένων (OMG) [76]. Σε αντίθεση με άλλα πρωτόκολλα δημοσίευσης-εγγραφής όπως το MQTT ή το AMQP, το DDS βασίζεται σε μία αρχιτεκτονική χωρίς μεσάζοντα και χρησιμοποιεί πολυμετάδοση (multicasting) για να επιτύχει υψηλή ποιότητα υπηρεσίας (QoS) και υψηλή αξιοπιστία στις εφαρμογές της. Η αρχιτεκτονική της δημοσίευσης-εγγραφής χωρίς μεσάζοντα, ταιριάζει καλά με τους περιορισμούς σε πραγματικό χρόνο που παρουσιάζονται στις IoT και M2M επικοινωνίες. Το DDS υποστηρίζει 23 πολιτικές QoS μέσω των οποίων μια ποικιλία επικοινωνιακών κριτηρίων όπως η ασφάλεια, η έκτακτη ανάγκη, η προτεραιότητα, η ανθεκτικότητα, η αξιοπιστία κ.λπ. μπορεί να αντιμετωπιστεί από τον προγραμματιστή του έργου.

Η αρχιτεκτονική του DDS ορίζει δύο επίπεδα: Data-Centric Publish- Εγγραφή (DCPS) και Data-Local Layer Reconstruction (DLRL). Το DCPS είναι υπεύθυνο για την παροχή των πληροφοριών σε οι συνδρομητές. Το DLRL από την άλλη πλευρά, είναι ένα προαιρετικό στρώμα και χρησιμεύει ως διεπαφή με τις λειτουργίες DCPS. Διευκολύνει την κατανομή των κατανεμημένων δεδομένων μεταξύ των κατανεμημένων αντικειμένων [77]. Πέντε φορείς ασχολούνται με τη ροή δεδομένων στο DCPS layer:

- i. Ο εκδότης που μεταδίδει τα δεδομένα.
- ii. Το DataWriter που χρησιμοποιείται από την εφαρμογή για να αλληλεπιδράσει με τον εκδότη σχετικά με τις τιμές και τις μεταβολές των δεδομένων που αφορούν συγκεκριμένο τύπο. Η συσχέτιση του DataWriter και του εκδότη δείχνει ότι η εφαρμογή πρόκειται να δημοσιεύσει τα συγκεκριμένα δεδομένα.
- iii. Ο συνδρομητής που λαμβάνει δημοσιευμένα δεδομένα και τα παραδίδει στην εφαρμογή.
- iv. Ο DataReader που χρησιμοποιείται από το συνδρομητή για να αποκτήσει πρόσβαση στα ληφθέντα δεδομένα.
- v. Ένα τμήμα που είναι που χαρακτηρίζεται από έναν τύπο δεδομένων και ένα όνομα. Τα τμήματα αυτά σχετίζονται με τους DataWriters στο DataReaders. Η μετάδοση δεδομένων επιτρέπεται εντός ενός DDS domain το οποίο είναι ένα εικονικό περιβάλλον για συνδεδεμένες εφαρμογές.

B. Πρωτόκολλα Ανακάλυψης Υπηρεσιών

Η υψηλή επεκτασιμότητα του IoT απαιτεί ένα μηχανισμό διαχείρισης πόρων που να είναι σε θέση να εγγράφει και να ανακαλύπτει πόρους και υπηρεσίες με αποτελεσματικό και δυναμικό τρόπο. Τα πιο κυρίαρχα πρωτόκολλα σε αυτή την περιοχή είναι το Domain Name System (DNS) πολλαπλής διανομής (mDNS) και το DNS Service Discovery (DNS-SD) που μπορούν να ανακαλύψουν πόρους και υπηρεσίες που προσφέρονται από συσκευές IoT. Αν και αυτά τα δύο πρωτόκολλα έχουν σχεδιαστεί αρχικά για την συσκευές με πολλούς πόρους, υπάρχουν αρκετές έρευνες που προσαρμόζουν ελαφρές εκδόσεις από αυτά σε περιβάλλοντα IoT [82], [83].

1. DNS πολλαπλής διανομής (mDNS): Μια βασική υπηρεσία για μερικές εφαρμογές IoT όπως οι συνομιλίες είναι το Name Resolution. Το mDNS είναι μια τέτοια υπηρεσία που μπορεί να εκτελέσει την εργασία του unicast διακομιστή DNS [84]. Είναι ευέλικτο λόγω του ότι ο χώρος ονομάτων DNS χρησιμοποιείται τοπικά χωρίς επιπλέον κόστος ή διαμόρφωση. Είναι μια κατάλληλη επιλογή για ενσωματωμένες συσκευές που βασίζονται στο Internet καθώς:
 - Δεν υπάρχει ανάγκη για χειροκίνητη αναδιάρθρωση ή επιπλέον διαχείριση για τη λειτουργία των συσκευών.

- Είναι σε θέση να τρέξει χωρίς υποδομή.
- Είναι σε θέση να συνεχίσει να λειτουργεί ακόμη και σε πιθανή αποτυχία της υποδομής.

Το mDNS ζητάει όλα τα ονόματα αποστέλλοντας ένα multicast μήνυμα IP σε όλους τους κόμβους του τοπικού τομέα. Με αυτό ερώτημα, ο client ζητά από συσκευές που έχουν το όνομα να απαντήσουν. Όταν ο στόχος λάβει το όνομά του, μεταδίδει ένα μήνυμα προς όλους το οποίο περιέχει τη διεύθυνση IP του. Όλες οι συσκευές στο δίκτυο που λαμβάνει το μήνυμα απόκρισης ενημερώνουν την τοπική τους cache χρησιμοποιώντας το όνομα και τη διεύθυνση IP. Ένα πρακτικό παράδειγμα που χρησιμοποιεί εντοπισμό υπηρεσίας mDNS μπορεί να βρεθεί στο [69].

2. Ανακάλυψη υπηρεσίας DNS (DNS-SD): Η λειτουργία αντιστοίχισης των απαιτούμενων υπηρεσιών από clients που χρησιμοποιούν mDNS ονομάζεται ανακάλυψη υπηρεσίας βάσει DNS (DNS-SD). Χρησιμοποιώντας αυτό το πρωτόκολλο, μπορούν να ανακαλύψουν ένα σύνολο επιθυμητών υπηρεσιών σε ένα συγκεκριμένο δίκτυο χρησιμοποιώντας τυπικά μηνύματα DNS. Το DNS-SD, όπως το mDNS, είναι μέρος των βοηθημάτων μηδενικής διαμόρφωσης και στοχεύει στη σύνδεση μηχανών χωρίς εξωτερική διαχείριση ή διαμόρφωση [85]. Ουσιαστικά, το DNS-SD χρησιμοποιεί το mDNS για την αποστολή πακέτων DNS σε συγκεκριμένες διευθύνσεις πολυεκπομπής μέσω του UDP. Υπάρχουν δύο κύρια βήματα για την επεξεργασία της υπηρεσίας ανακάλυψης: Η εύρεση των ονομάτων των ζητούμενων υπηρεσιών όπως για παράδειγμα οι εκτυπωτές και η αντιστοίχιση διευθύνσεων IP με τα ονόματα των συσκευών τους χρησιμοποιώντας το mDNS. Η εύρεση των ονομάτων είναι σημαντική επειδή οι διευθύνσεις IP ενδέχεται να αλλάξουν, ενώ τα ονόματα όχι. Η λειτουργία αντιστοίχισης αποστέλει παντού λεπτομερή στοιχεία σχετικά με το δίκτυο, όπως η διεύθυνση IP, και ο αριθμός της θύρας σε κάθε συνδεδεμένη συσκευή. Χρησιμοποιώντας το DNS-SD, τα προσωρινά ονόματα στο δίκτυο μπορούν να διατηρηθούν σταθερά για όσο μεγαλύτερο διάστημα γίνεται ούτως ώστε να αυξηθεί η εμπιστοσύνη και η αξιοπιστία. Για παράδειγμα, αν υπάρχουν μερικοί clients που χρησιμοποιούν ένα συγκεκριμένο εκτυπωτή μία μέρα, θα μπορούν να τον χρησιμοποιήσουν και το επόμενο διάστημα χωρίς κανένα πρόβλημα.

Το IoT χρειάζεται κάποιο είδος αρχιτεκτονικής χωρίς εξάρτηση από ένα μηχανισμό διαμόρφωσης. Σε μια τέτοια αρχιτεκτονική, οι έξυπνες συσκευές μπορούν να ενταχθούν στην πλατφόρμα ή να αφαιρεθούν χωρίς να επηρεάσουν τη συμπεριφορά ολόκληρου του συστήματος. Το mDNS και το DNS-SD ομαλοποιούν αυτόν τον τρόπο ανάπτυξης. Ωστόσο, το κύριο μειονέκτημα αυτών των δύο πρωτοκόλλων είναι η ανάγκη για προσωρινή αποθήκευση καταχωρήσεων DNS ειδικά όταν πρόκειται για συσκευές περιορισμένων πόρων. Ωστόσο, ο συγχρονισμός της προσωρινής μνήμης για ένα συγκεκριμένο διάστημα και το

καθάρισμά της μπορούν να επιλύσουν αυτό το ζήτημα. Το Bonjour και το Avahi είναι δύο πολύ γνωστές εφαρμογές που καλύπτουν τόσο το mDNS όσο και το DNS-SD.

Γ. Πρωτόκολλα υποδομής

1. Πρωτόκολλο δρομολόγησης για δίκτυα χαμηλής ισχύος (RPL): Η δρομολόγηση του IETF μέσω συνδέσμων χαμηλής κατανάλωσης και απώλειας (ROLL) τυποποίησε ένα πρωτόκολλο δρομολόγησης ανεξάρτητο από συνδέσεις που βασίζεται στο IPv6 για κόμβους με περιορισμένους πόρους που ονομάζεται RPL [86], [87]. Το RPL δημιουργήθηκε για να υποστηρίζει τις ελάχιστες απαιτήσεις δρομολόγησης μέσω της οικοδόμησης μιας ισχυρής τοπολογίας πάνω σε απώλειες συνδέσμων. Αυτό το πρωτόκολλο δρομολόγησης υποστηρίζει απλά και σύνθετα μοντέλα κίνησης όπως την κίνηση από πολλά σημεία σε ένα, από ένα σε πολλά και από ένα σε ένα σημείο. Ο άκυκλος γράφος άμεσου προσανατολισμού (DODAG) αντιπροσωπεύει τον πυρήνα του RPL που δείχνει ένα διάγραμμα δρομολόγησης των κόμβων. Το DODAG αναφέρεται σε ένα κατευθυνόμενο ακυκλικό γράφημα με μία μόνο ρίζα. Κάθε κόμβος στο DODAG γνωρίζει τους γονείς αλλά δεν έχει πληροφορίες για τα παιδιά του. Επίσης, το RPL διατηρεί τουλάχιστον μία διαδρομή για κάθε κόμβο στη ρίζα και ένα προτιμητέο γονέα ώστε να βρει ένα συντομότερο μονοπάτι αυξάνοντας έτσι την απόδοση.

Προκειμένου να διατηρηθεί η τοπολογία και να είναι ενημερωμένες οι πληροφορίες δρομολόγησης, το RPL χρησιμοποιεί τέσσερις τύπους μηνυμάτων ελέγχου. Το πιο σημαντικό μήνυμα είναι η πληροφορία αντικειμένου DODAG (DIO) που χρησιμοποιείται για να διατηρήσει την τρέχουσα κατάσταση (επίπεδο) του κόμβου, να καθορίσει την απόσταση κάθε κόμβου από τη ρίζα με βάσει συγκεκριμένες μετρήσεις και να επιλέξει το προτιμώμενο μονοπάτι. Ο άλλος τύπος μηνύματος είναι η διαφήμιση προορισμού του αντικειμένου (DAO). Το RPL παρέχει αυξημένη επισκεψιμότητα καθώς και υποστήριξη προς τα κάτω με τη χρήση μηνυμάτων DAO με τα οποία ενώνει πληροφορίες προορισμού προς τους επιλεγμένους γονείς. Το τρίτο μήνυμα είναι η απαίτηση πληροφορίας DODAG (DIS) που χρησιμοποιείται από ένα κόμβο για την απόκτηση μηνυμάτων DIO από προσβάσιμο γειτονικό κόμβο. Ο τελευταίος τύπος μηνύματος είναι η επιβεβαίωση DAO (DAO-ACK) που είναι μια απάντηση σε ένα μήνυμα DAO και αποστέλλεται από ένα DAO κόμβο-παραλήπτη όπως για παράδειγμα ένας γονέας DAO ή μια ρίζα DODAG [88]. Ένα DODAG αρχίζει να σχηματίζεται όταν η ρίζα, ο μόνος κόμβος που αποτελείται από το DODAG, αρχίζει να στέλνει τη θέση του χρησιμοποιώντας το μήνυμα DIO σε όλα τα επίπεδα των δικτύων χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας (LLN). Σε κάθε επίπεδο, οι δρομολογητές προορισμού καταχωρούν τη γονική διαδρομή και τις διαδρομές συμμετοχής για κάθε κόμβο. Αυτοί με τη σειρά τους διαδίδουν μηνύματα DIO και ολοκλήρη η

DODAG κατασκευάζεται σταδιακά. Όταν το DODAG κατασκευαστεί, ο προτιμώμενος γονέας που λαμβάνεται από ένα δρομολογητή αποθηκεύεται ως η προεπιλεγμένη διαδρομή προς τη ρίζα (ανοδική διαδρομή). Για να υποστηριχθούν καθοδικές διαδρομές, οι δρομολογητές πρέπει να εκπέμπουν και να διαδώσουν μηνύματα DAO αποσυνδέοντας τη ρίζα από τους γονείς. Οι δρομολογητές RPL λειτουργούν με βάση έναν από τους δύο τρόπους λειτουργίας (MOP): Λειτουργίες μη αποθήκευσης ή αποθήκευσης. Στη λειτουργία μη αποθήκευσης, τα μηνύματα δρομολόγησης RPL μετακινούνται προς χαμηλότερα επίπεδα βάσει δρομολόγησης IP, ενώ στη λειτουργία αποθήκευσης, η καθοδική πορεία πραγματοποιείται με βάση τις διευθύνσεις IPv6 του προορισμού [88]. Το παράδειγμα κώδικα για τα Ασύρματα <δίκτυα Αισθητήρων που παρουσιάζεται στο [69] χρησιμοποιεί το Contiki RPL ως εφαρμογή του πρωτόκολλου RPL για τη δρομολόγηση των πακέτων.

2. 6LoWPAN: Τα ασύρματα δίκτυα χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας (WPAN), στα οποία μπορούν να στηριχθούν πολλές επικοινωνίες IoT έχουν μερικά ειδικά χαρακτηριστικά διαφορετικά από τις τεχνολογίες του επιπέδου σύνδεσης που αναφέρθηκαν προηγουμένως όπως το περιορισμένο μέγεθος του πακέτου (π.χ., μέγιστο 127 byte για IEEE 802.15.4), τα διάφορα μήκη διευθύνσεων και το χαμηλό εύρος ζώνης [89] - [91]. Έτσι, υπήρξε ανάγκη να δημιουργηθεί ένα στρώμα προσαρμογής που να ταιριάζει στα πακέτα IPv6 με τις προδιαγραφές του IEEE 802.15.4. Η ομάδα εργασίας IETF 6LoWPAN ανέπτυξε ένα τέτοιο πρότυπο το 2007. Το 6LoWPAN είναι η προδιαγραφή των υπηρεσιών χαρτογράφησης που απαιτείται από το IPv6 μέσω ενός WPAN χαμηλής ισχύος για τη διατήρηση ενός δικτύου IPv6 [89]. Το πρότυπο αυτό παρέχει συμπίεση των επικεφαλίδων ώστε να μειώσει το φόρτο μετάδοσης, τον κατακερματισμό για να πληρεί τις απαιτήσεις της Μονάδας Μέγιστης Μετάδοσης IPv6 (MTU), και προώθηση στο επίπεδο σύνδεσης για να υποστηρίξει παράδοση μέσω πολλαπλών μεταπηδήσεων [91]. Τα Datagrams που καλύπτονται από το 6LoWPAN ακολουθούνται από ένα συνδυασμό μερικών κεφαλίδων. Αυτές οι κεφαλίδες είναι τεσσάρων τύπων που αναγνωρίζονται από δύο bits [89]: (00) NO 6LoWPAN Κεφαλίδα, (01) Κεφαλίδα αποστολής, (10) Διευθυνσιοδότηση, και (11) Κατακερματισμός. Με την επικεφαλίδα NO 6LoWPAN, πακέτα που δε συμφωνούν με την προδιαγραφή 6LoWPAN θα απορρίπτονται. Η συμπίεση των κεφαλίδων IPv6 ή της πολυμετάδοσης γίνεται με μέσω της επικεφαλίδας Αποστολής. Η επικεφαλίδα διευθυνσιοδότησης ταυτοποιεί τα πακέτα IEEE 802.15.4 που πρέπει να προωθηθούν στο επίπεδο σύνδεσης. Για datagrams των οποίων τα μήκη υπερβαίνουν ένα μόνο πλαίσιο IEEE 802.15.4, πρέπει να χρησιμοποιηθεί κεφαλίδα κατακερματισμού. Το 6LoWPAN αφαιρεί ένα μεγάλο μέρος συμφόρησης του IPv6 με αποτέλεσμα ένα μικρό πακέτο IPv6 να μπορεί να αποσταλεί μέσω ενός μόνο IEEE 802.15.4 βήματος στην καλύτερη περίπτωση. Μπορεί επίσης να συμπίεσει κεφαλίδες IPv6 σε δύο bytes [89].

3. IEEE 802.15.4: Το πρωτόκολλο IEEE 802.15.4 δημιουργήθηκε για τον ορισμό ενός υπο-επιπέδου για τον μέσο έλεγχο πρόσβασης (MAC) και ενός φυσικού επιπέδου (PHY) για ασύρματα ιδιωτικά δίκτυα χαμηλού επιπέδου (LR-WPAN) [33]. Λόγω των προδιαγραφών του, όπως η χαμηλή κατανάλωση ενέργειας, ο χαμηλός ρυθμός δεδομένων, το χαμηλό κόστος προσαρμόζεται και σε συστήματα IoT, M2M και WSNs. Παρέχει αξιόπιστη επικοινωνία, λειτουργικότητα σε διαφορετικές πλατφόρμες, και μπορεί να χειριστεί έναν μεγάλο αριθμό κόμβων (περίπου 65k). Παρέχει επίσης υψηλό επίπεδο ασφάλειας, κρυπτογράφησης και ελέγχου ταυτότητας υπηρεσιών. Ωστόσο, δεν παρέχει εγγυήσεις QoS. Αυτό το πρωτόκολλο είναι η βάση για το πρωτόκολλο ZigBee καθώς εστιάζουν και τα δύο στην παροχή υπηρεσιών χαμηλής ταχύτητας δεδομένων σε συσκευές περιορισμένης ισχύος και δημιουργούν μια πλήρη στοίβα πρωτοκόλλων δικτύου για WSNs. Το IEEE 802.15.4 υποστηρίζει τρεις ζώνες συχνοτήτων και χρησιμοποιεί μια μέθοδο διάχυτου φάσματος άμεσης σειράς (DSSS). Με βάση τα χρησιμοποιούμενα κανάλια συχνότητας, το φυσικό στρώμα μεταδίδει και λαμβάνει δεδομένα σε τρεις ρυθμούς δεδομένων: 250 kbps στα 2,4 GHz, 40 kbps στα 915 MHz και 20 kbps στα 868 MHz. Οι υψηλότερες συχνότητες και οι ευρύτερες ζώνες παρέχουν υψηλή απόδοση και χαμηλή λανθάνουσα κατάσταση ενώ οι χαμηλότερες συχνότητες παρέχουν καλύτερη ευαισθησία και κάλυψη μεγαλύτερων αποστάσεων. Για τη μείωση πιθανών συγκρούσεων, το IEEE 802.15.4 MAC χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο CSMA / CA.

Το πρότυπο IEEE 802.15.4 υποστηρίζει δύο τύπους κόμβων δικτύου: συσκευές πλήρους και μειωμένης λειτουργίας. Η συσκευή πλήρους λειτουργίας (FFD) μπορεί να χρησιμεύσει ως συντονιστής προσωπικού δικτύου (PAN) ή απλά ως ένας κανονικός κόμβος. Ο συντονιστής είναι υπεύθυνος για τη δημιουργία, τον έλεγχο και τη συντήρηση του δικτύου. Τα FFDs μπορούν αποθηκεύσουν έναν πίνακα δρομολόγησης μέσα στη μνήμη τους και να εφαρμόσουν πλήρες MAC. Μπορούν επίσης να επικοινωνούν με οποιαδήποτε άλλη συσκευή χρησιμοποιώντας οποιαδήποτε διαθέσιμη τοπολογία. Οι συσκευές μειωμένης λειτουργίας (RFD) από την άλλη πλευρά, είναι πολύ απλοί κόμβοι με περιορισμένους πόρους. Μπορούν να επικοινωνούν μόνο με ένα συντονιστή και περιορίζονται σε μια τοπολογία αστέρα. Οι τυπικές τοπολογίες για τη διαμόρφωση των δικτύων IEEE 802.15.4 είναι αστέρας, peer-to-peer (mesh) και συστάδες. Η τοπολογία αστέρα περιέχει τουλάχιστον ένα FFD και ορισμένα RFD. Το FFD το οποίο λειτουργεί ως PAN συντονιστής πρέπει να βρίσκεται στο κέντρο της τοπολογίας και στοχεύει στη διαχείριση και τον έλεγχο όλων των άλλων κόμβων στο δίκτυο. Η τοπολογία peer-to-peer περιέχει το συντονιστή PAN και οι άλλοι κόμβοι επικοινωνούν μεταξύ τους στο ίδιο δίκτυο ή μέσω ενδιάμεσων κόμβων σε άλλα δίκτυα. Μια τοπολογία συστάδων είναι μια ειδική περίπτωση του peer-to-peer και αποτελείται από έναν συντονιστή PAN, ένα σύμπλεγμα κεφαλής και κανονικούς κόμβους.

4. Bluetooth χαμηλής ενέργειας: Το Bluetooth χαμηλής ενέργειας (BLE) ή το Bluetooth Smart είναι ασύρματο, μικρής εμβέλειας, με μια ελάχιστη ποσότητα ισχύος για να λειτουργήσει για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα (ακόμα και για χρόνια) σε σύγκριση με τις προηγούμενες εκδόσεις του. Η κάλυψη της περιοχής (περίπου 100 μέτρα) είναι δέκα φορές μεγαλύτερη από εκείνη του κλασικού Bluetooth, ενώ η καθυστέρηση του είναι 15 φορές μικρότερη [92]. Το BLE μπορεί να λειτουργήσει με ισχύ μετάδοσης από 0,01 mW έως 10 mW. Με αυτά τα χαρακτηριστικά, το BLE είναι ένας καλός υποψήφιος για εφαρμογές IoT [93]. Το πρότυπο BLE αναπτύχθηκε γρήγορα από τα smartphone και είναι πλέον διαθέσιμο στα περισσότερα μοντέλα. Η χρησιμότητα αυτού του προτύπου έχει αποδειχθεί σε επικοινωνίες μεταξύ οχημάτων [92] καθώς και σε δίκτυα ασύρματων αισθητήρων [94]. Σε σύγκριση με το ZigBee, το BLE είναι πιο αποτελεσματικό όσον αφορά την κατανάλωση ενέργειας και την αναλογία μετάδοσης ενέργειας ανά μεταδιδόμενο κομμάτι [95]. Η στοίβα δικτύου του BLE έχει ως εξής: Στο χαμηλότερο επίπεδο της στοίβα του BLE υπάρχει ένα φυσικό επίπεδο (PHY) που μεταδίδει και λαμβάνει bits. Πάνω από αυτό, υπάρχουν οι υπηρεσίες του επιπέδου σύνδεσης, συμπεριλαμβανομένου του μέσου πρόσβασης, της δημιουργίας σύνδεσης, του ελέγχου σφάλματος και του ελέγχου ροής. Στη συνέχεια, ο έλεγχος λογικής σύνδεσης και το πρωτόκολλο προσαρμογής (L2CAP) παρέχουν πολυπλεξία για τα κανάλια δεδομένων, τον κατακερματισμό και την επανασυναρμολόγηση των μεγαλύτερων πακέτων. Τα υπόλοιπα ανώτερα επίπεδα είναι το πρωτόκολλο Γενικών Χαρακτηριστικών (GATT) το οποίο παρέχει αποτελεσματική συλλογή δεδομένων από αισθητήρες και το Γενικό Προφίλ πρόσβασης (GAP) που επιτρέπει στην εφαρμογή διαμόρφωση και λειτουργία με διαφορετικούς τρόπους, όπως η διαφήμιση ή τη σάρωση, την έναρξη και τη διαχείριση της σύνδεσης [95]. Το BLE επιτρέπει στις συσκευές να λειτουργούν ως κεντρικοί ή περιφερειακοί κόμβοι σε μια τοπολογία αστέρα. Για τον μηχανισμό ανακάλυψης, οι περιφερειακοί κόμβοι στέλνουν διαφημίσεις πάνω από ένα ή περισσότερα ειδικά κανάλια διαφήμισης. Για να ανακαλυφθούν ως περιφερειακοί, τα κανάλια αυτά σαρώνονται από το κύριο. Εκτός από την ώρα που ανταλλάσσονται δύο συσκευές δεδομένα, βρίσκονται σε κατάσταση αναστολής λειτουργίας για το υπόλοιπο της ώρας.
5. EPCglobal: Ο Ηλεκτρονικός Κωδικός Προϊόντος (EPC) είναι ένας μοναδικός αναγνωριστικός αριθμός που αποθηκεύεται σε μια ετικέτα RFID και χρησιμοποιείται ουσιαστικά στη διαχείριση της αλυσίδας εφοδιασμού για τον εντοπισμό αντικειμένων. Το EPCglobal ως ο αρχικός υπεύθυνος οργανισμός για την ανάπτυξη του EPC, διαχειρίζεται την τεχνολογία EPC και RFID και τα πρότυπά τους. Η βασική αρχιτεκτονική χρησιμοποιεί τεχνολογίες RFID που στηρίζονται στο διαδίκτυο μαζί με φτηνές ετικέτες RFID και αναγνώστες ώστε να διαμοιράζονται οι πληροφορίες σχετικά με τα προϊόντα [96]. Αυτή η αρχιτεκτονική είναι που αναγνωρίζεται ως μια πολλά υποσχόμενη τεχνική για

το μέλλον του IoT λόγω του ανοιχτού της τύπου, της επεκτασιμότητας, της διαλειτουργικότητας και της αξιοπιστίας πέρα από την υποστήριξή του στις πρωταρχικές απαιτήσεις του IoT όπως για παράδειγμα τα αναγνωριστικά αντικειμένων και ο εντοπισμός υπηρεσίας [97]. Τα EPC ταξινομούνται σε τέσσερις τύπους: 96-bit, 64-bit (I), 64-bit (II) και 64-bit (III). Όλοι οι τύποι EPC 64-bit υποστηρίζουν περίπου 16.000 εταιρείες με μοναδική ταυτότητα και καλύπτουν 1 έως 9 εκατομμύρια είδη προϊόντων και 33 εκατομμύρια αύξοντες αριθμούς για κάθε τύπο προϊόντος. Ο τύπος 96-bit υποστηρίζει περίπου 268 εκατομμύρια εταιρείες με μοναδικές ταυτότητες, 16 εκατομμύρια κλάσεις προϊόντων και 68 δις σειριακούς αριθμούς για κάθε κλάση. Το σύστημα RFID μπορεί να χωριστεί σε δύο βασικά στοιχεία: αναμεταδότης ραδιοκυμάτων (ετικέτα) και αναγνώστη ετικετών. Η ετικέτα αποτελείται από δύο συστατικά: ένα τσιπ για την αποθήκευση της μοναδικής ταυτότητας του αντικείμενου και μια κεραία που επιτρέπει στο τσιπ να επικοινωνεί με τον αναγνώστη ετικετών χρησιμοποιώντας ραδιοκύματα. Ο αναγνώστης ετικετών δημιουργεί μια ραδιοσυχνότητα για την αναγνώριση αντικειμένων μέσω ανακλώμενων ραδιοκυμάτων της ετικέτας. Η λειτουργία RFID στέλνει τον αριθμό της ετικέτας στην ετικέτα αναγνώστη χρησιμοποιώντας ραδιοκύματα. Μετά από αυτό, ο αναγνώστης διαβιβάζει αυτόν τον αριθμό σε μια συγκεκριμένη εφαρμογή υπολογιστή που ονομάζεται Υπηρεσίες Ονομασίας Αντικειμένων (ONS). Ένα ONS κοιτάζει τα διάφορα στοιχεία της ετικέτας από μια βάση δεδομένων, όπως τότε και πού κατασκευάζεται το προϊόν. Το δίκτυο EPCglobal μπορεί να χωριστεί σε πέντε μέρη: EPC, σύστημα ταυτότητας, Middleware EPC, Υπηρεσίες Ανακάλυψης και Υπηρεσίες πληροφοριών EPC. Το EPC ως μοναδικός αριθμός σε αντικείμενα, αποτελείται από τέσσερα μέρη [96], [98]. Το σύστημα ταυτότητας συνδέει τις ταυτότητες EPC με μια βάση δεδομένων χρησιμοποιώντας ένα EPC reader μέσω του middleware. Η υπηρεσία εντοπισμού είναι ένας μηχανισμός του EPCglobal για να βρεί τα απαιτούμενα δεδομένα από τις ετικέτες χρησιμοποιώντας το ONS. Η δεύτερη γενιά ετικετών EPC (ετικέτες Gen 2), που ξεκίνησε στα μέσα του 2006 στοχεύει να καλύψει παγκοσμίως διάφορες εταιρείες προϊόντων. Μια ετικέτα Gen 2 παρέχει καλύτερες υπηρεσίες στους πελάτες από την πρώτη γενιά ετικετών (γνωστή ως παθητική τεχνολογία RFID) με βάση χαρακτηριστικά όπως: διαλειτουργικότητα κάτω από ετερογενή αντικείμενα, υψηλή απόδοση για όλες τις απαιτήσεις, υψηλή αξιοπιστία και φτηνές ετικέτες και αναγνώστες.

6. LTE-A (Long Term Evolution-Advanced): Το LTE-A περιλαμβάνει ένα σύνολο κυψελοειδών πρωτοκόλλων επικοινωνίας που ταιριάζουν στις υποδομές επικοινωνιών τύπου μηχανής (MTC), IoT και έξυπνων πόλεων όπου η μακροχρόνια ανθεκτικότητα των υποδομών είναι αναγκαία [99]. Επιπλέον, υπερέχει άλλων κυψελοειδών λύσεων όσον αφορά το κόστος υπηρεσίας και την επεκτασιμότητα. Στο φυσικό στρώμα, το LTE-A χρησιμοποιεί ορθογώνια διαίρεση συχνότητας πολλαπλής πρόσβασης (OFDMA) με την οποία το εύρος ζώνης του καναλιού χωρίζεται σε μικρότερες ζώνες που ονομάζονται φυσικοί

πόροι μπλοκ (PRB). Το LTE-A χρησιμοποιεί επίσης μία τεχνική φορέα πολλαπλών εξαρτημάτων εξάπλωσης φάσματος (CC) που επιτρέπει να έχει μέχρι πέντε ζώνες 20 MHz. Η αρχιτεκτονική του δικτύου LTE-A βασίζεται δύο βασικά μέρη: Το πρώτο είναι το Core Network (CN) το οποίο ελέγχει τις κινητές συσκευές και ασχολείται με ροές πακέτων IP. Το δεύτερο μέρος είναι το Radio Access Network (RAN) το οποίο χειρίζεται την ασύρματη επικοινωνία και δημιουργεί το επίπεδο χρήστη και τα πρωτόκολλα ελέγχου. Το RAN αποτελείται κυρίως από σταθμούς βάσης (που αποκαλούνται επίσης εξελιγμένοι NodeBs) που είναι συνδεδεμένοι μεταξύ τους μέσω της διασύνδεσης X2. Το RAN και το CN είναι συνδεδεμένα μέσω της διεπαφής S1. Οι συσκευές κινητής τηλεφωνίας ή συσκευές MTC μπορούν να συνδεθούν σε σταθμούς βάσης απευθείας ή μέσω της πύλης MTC (MTCG). Μπορούν επίσης να έχουν άμεση επικοινωνία με άλλες συσκευές MTC. Ωστόσο, αυτό το πρωτόκολλο έχει τις προκλήσεις του, όπως την υψηλή συμφόρηση στο δίκτυο όταν ένας μεγάλος αριθμός συσκευών έχει πρόσβαση σε αυτό. Μια άλλη πρόκληση αποτελεί το γεγονός ότι το QoS μπορεί να υπονομευτεί όταν οι υπηρεσίες MTC προσπαθούν να έχουν πρόσβαση στο δίκτυο μέσω επιλογής eNB ή MTCG. Αυτά τα προβλήματα έχουν διερευνηθεί στο [99] ενώ προτείνεται και μια λύση βασισμένη στη ενίσχυση της μάθησης για την επιλογή του eNB. Στο [100], οι συγγραφείς ανέλυσαν επίσης την απόδοση των επικοινωνιών MTC με ένα μοντέλο ουράς αναμονής και επιλογής eNB. Με βάση τα αποτελέσματά τους, όταν οι υπηρεσίες MTC παραμένουν ανενεργές για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα σε σχέση με τις ενεργές, η απόδοση των συσκευών του MTC θα βελτιωθεί εξαιτίας του χαμηλότερου ανταγωνισμού στο δίκτυο.

7. Z-Wave: Το Z-Wave έχει χρησιμοποιηθεί ως πρωτόκολλο ασύρματης επικοινωνίας χαμηλής κατανάλωσης για τα οικιακά δίκτυα αυτοματισμού (HAN) στις εφαρμογές αυτοματισμού σε έξυπνα σπίτια [101]. Αυτό το πρωτόκολλο αρχικά αναπτύχθηκε από την ZenSys (επί του παρόντος Sigma Designs) και αργότερα χρησιμοποιήθηκε και βελτιώθηκε από την Z-Wave Alliance. Καλύπτει περίπου 30 μέτρα επικοινωνίας από σημείο σε σημείο και είναι ιδανικό για εφαρμογές που απαιτούν μικρή μετάδοση δεδομένων όπως ο έλεγχος του φωτός, ο έλεγχος οικιακών συσκευών, η έξυπνη ενέργεια και το HVAC, ο έλεγχος πρόσβασης, το φορητό σύστημα ελέγχου υγείας και η ανίχνευση πυρκαγιών. Το Z-Wave λειτουργεί σε ζώνες ISM (περίπου 900 MHz) και επιτρέπει ταχύτητα μετάδοσης 40 kbps. Οι πρόσφατες εκδόσεις υποστηρίζουν επίσης μέχρι 200 kbps. Το επίπεδο MAC του περιλαμβάνει μηχανισμό αποφυγής σύγκρουσης. Στην αρχιτεκτονική του, υπάρχουν κεντρικοί και υποτελείς κόμβοι. Οι κεντρικοί κόμβοι διαχειρίζονται τους υποτελείς τους στέλνοντας εντολές σε αυτούς. Για σκοπούς δρομολόγησης, ένας κεντρικός κόμβος διατηρεί έναν πίνακα ολόκληρης της τοπολογίας του δικτύου. Η δρομολόγηση σε αυτό το πρωτόκολλο εκτελείται με τη μέθοδο δρομολόγησης πηγής, στην οποία ο κεντρικός κόμβος υποβάλλει τη διαδρομή μέσα σε ένα πακέτο.

Δ. Άλλα πρωτόκολλα

Πέρα από τα πρότυπα και τα πρωτόκολλα που ορίζουν ένα λειτουργικό πλαίσιο για τις εφαρμογές του IoT, υπάρχουν κάποιες άλλα ζητήματα όπως η ασφάλεια και η διαλειτουργικότητα που πρέπει να ληφθούν υπόψη. Η αξιοποίηση πρωτοκόλλων και προτύπων που καλύπτουν τέτοια ζητήματα επηρεάζουν την ποιότητα των συστημάτων IoT.

1. Ασφάλεια: Τα νέα χαρακτηριστικά και οι μηχανισμοί του IoT δεν μπορούν να βασίζονται στα συμβατικά πρωτόκολλα ασφαλείας που χρησιμοποιούνται στο διαδίκτυο. Τα πρωτόκολλα ασφαλείας του διαδικτύου έχουν σχεδιαστεί να λειτουργούν πάνω σε συσκευές με περιορισμένους πόρους όπως σταθερούς και φορητούς υπολογιστές. Επιπλέον, η ανάγκη για εμφάνιση νέων πρωτοκόλλων και αρχιτεκτονικών για την υποστήριξη των λειτουργιών του IoT οδηγεί σε καινούρια ζητήματα ασφαλείας τα οποία πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν σε όλα τα επίπεδα του IoT από την εφαρμογή έως την υποδομή συμπεριλαμβανομένης της ασφαλείας των δεδομένων που διακινούνται σε συσκευές περιορισμένων πόρων. Για την ασφαλή αποθήκευση των δεδομένων, το Codo [110] αποτελεί μια λύση ασφαλείας σε επίπεδο συστήματος αρχείων, σχεδιασμένο για το Contiki OS. Στο επίπεδο διασύνδεσης, το πρωτόκολλο ασφαλείας IEEE 802.15.4 παρέχει μηχανισμούς για την προστασία της επικοινωνίας μεταξύ δύο γειτονικών συσκευών [111]. Στο επίπεδο του δικτύου, το IPSec είναι το υποχρεωτικό πρωτόκολλο ασφαλείας για το επίπεδο δικτύου IPv6. Μια προδιαγραφή του IPsec για το 6LoWPAN παρουσιάστηκε στο [112]. Λαμβάνοντας υπόψη τα μεγάλα μεγέθη μηνυμάτων σε δίκτυα 6LoWPAN, Το IPsec παρουσιάζει πιο αποτελεσματική επικοινωνία από την ασφάλεια IEEE 802.15.4 [111]. Από τη στιγμή που το IPsec λειτουργεί στο επίπεδο δικτύου, μπορεί να εξυπηρετήσει οποιοδήποτε ανώτερο επίπεδο που περιλαμβάνει όλα τα πρωτόκολλα εφαρμογής που απαντούν σε TCP ή UDP. Από την άλλη πλευρά, το Transport Layer Security (TLS) είναι ένα πολύ γνωστό πρωτόκολλο ασφαλείας που χρησιμοποιείται για την παροχή ασφαλούς επιπέδου μεταφορών για τις επικοινωνίες TCP. Η αντίστοιχη έκδοση που εξασφαλίζει επικοινωνίες UDP ονομάζεται Datagram TLS (DTLS). Στο επίπεδο εφαρμογής, υπάρχουν πολλές λύσεις ασφαλείας και οι περισσότερες από αυτές βασίζονται σε πρωτόκολλα ασφαλείας κατά τη μεταφορά δηλαδή είτε TLS είτε DTLS. Μερικά παραδείγματα τέτοιων λύσεων που υποστηρίζουν την κρυπτογράφηση και τον έλεγχο ταυτότητας είναι το EventGuard [113] και το QUIP [114]. Συνεπώς, τα πρωτόκολλα εφαρμογής έχουν τις δικές τους εκτιμήσεις και μεθόδους ασφαλείας. Στο [115] παρουσιάζεται το Lite για την ασφάλεια στο CoAP χρησιμοποιώντας μια συμπιεσμένη έκδοση του DTLS και του CoAP. Οι περισσότερες από τις λύσεις ασφαλείας στο MQTT διαφέρουν ανά έργο ή απλώς χρησιμοποιούν τα πρωτόκολλα TLS / SSL. Η επιτροπή ασφαλείας του OASIS MQTT εργάζεται σε ένα πρότυπο για την ασφάλεια των μηνυμάτων του

MQTT μέσω του πλαισίου CyberSecurityMQTT [116]. Το XMPP χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο TLS για τη διασφάλιση των ροών του. Παράλληλα, χρησιμοποιεί ένα συγκεκριμένο προφίλ απλού ελέγχου ταυτότητας και επιπέδου ασφάλειας (SASL) για την επαλήθευση των ροών. Το AMQP επίσης χρησιμοποιεί συνεδρίες TLS καθώς και SASL για την εξασφάλιση της επικοινωνίας. Πέρα από τις υπηρεσίες κρυπτογράφησης και ελέγχου ταυτότητας για το IoT, μπορεί να υπάρχει κάποια άλλη ευπάθεια σε ασύρματες επιθέσεις από το εσωτερικό του δικτύου 6LoWPAN αλλά και από το διαδίκτυο. Σε τέτοιες περιπτώσεις είναι αναγκαία η ύπαρξη των συστημάτων ανίχνευσης εισβολών (IDS). Το [117] διερεύνησε τη χρήση τέτοιων συστημάτων στο πλαίσιο του περιβάλλοντος του IoT εξετάζοντας τις επιθέσεις δρομολόγησης που εφαρμόστηκαν στο Contiki OS.

2. Διαλειτουργικότητα (IEEE 1905.1): Οι διάφορες συσκευές στο περιβάλλον του IoT βασίζονται σε διαφορετικές τεχνολογίες δικτύων. Έτσι, υπάρχει ανάγκη διαλειτουργικότητας μεταξύ των βασικών τεχνολογιών. Το πρότυπο IEEE 1905.1 σχεδιάστηκε για το συνδυασμό ψηφιακών οικιακών δικτύων με ετερογενείς τεχνολογίες [118]. Παρέχει ένα επίπεδο αφαίρεσης που κρύβει την ποικιλομορφία των τοπολογιών ελέγχου πρόσβασης πολυμέσων, ενώ δεν απαιτούνται αλλαγές στα υποκείμενα επίπεδα. Το πρωτόκολλο αυτό παρέχει μια διασύνδεση με τις τεχνολογίες οικιακών δικτύων, έτσι ώστε ο συνδυασμός του επιπέδου σύνδεσης και των πρωτοκόλλων του φυσικού επιπέδου συμπεριλαμβανομένου του IEEE 1901, του WiFi / IEEE 802.11, του Ethernet σε συνεστραμμένο ζεύγος καλωδίων ή καλώδια οπτικών ινών, και του MoCA 1.1 μέσω ομοαξονικών καλωδίων να μπορούν να συνυπάρξουν.







Ενώ τα παραπάνω πρότυπα βοηθούν το IoT να κάνει ένα ακόμη βήμα προς την κατεύθυνση της βελτίωσης της ποιότητας ζωής, άλλα ζητήματα όπως οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις των συσκευών και των τεχνολογιών IoT, και η πράσινη ανάπτυξη των συστημάτων IoT [119] παραμένουν ανοιχτά.

2.2 IoT Platforms

2.2.1 Google IoT Platform

Η πλατφόρμα Google Cloud (GCP), που προσφέρεται από την Google, είναι μια σουίτα των υπηρεσιών cloud computing που λειτουργεί με την ίδια υποδομή. Η Google χρησιμοποιεί εσωτερικά κάποια από τα προϊόντα τελικού χρήστη της, όπως η Αναζήτηση Google και το YouTube. Παράλληλα με ένα σύνολο εργαλείων διαχείρισης, παρέχει μια σειρά αρθρωτών υπηρεσιών cloud, όπως αποθήκευση δεδομένων, ανάλυση δεδομένων και μηχανική μάθηση. Η εγγραφή απαιτεί στοιχεία πιστωτικής κάρτας ή τραπεζικού λογαριασμού. Η πλατφόρμα Google Cloud παρέχει την υποδομή ως υπηρεσία, την πλατφόρμα ως υπηρεσία και τα περιβάλλοντα υπολογιστών χωρίς διακομιστές.

Τον Απρίλιο του 2008, η Google ανακοίνωσε την App Engine, μια πλατφόρμα για την ανάπτυξη και τη φιλοξενία εφαρμογών ιστού στα κέντρα δεδομένων που διαχειρίζεται η Google, η οποία ήταν η πρώτη υπηρεσία cloud computing από την εταιρεία. Η υπηρεσία έγινε γενικά διαθέσιμη τον Νοέμβριο του 2011. Από την ανακοίνωση του App Engine, η Google πρόσθεσε πολλές υπηρεσίες cloud στην πλατφόρμα. Η πλατφόρμα Cloud Google είναι ένα μέρος του Google Cloud, η οποία περιλαμβάνει την υποδομή του Google Cloud Platform, καθώς και τη G Suite, τις επιχειρησιακές εκδόσεις του Android και Chrome OS, και τις διεπαφές προγραμματισμού εφαρμογών (API) για τη μηχανική μάθηση και χαρτογράφηση των επιχειρησιακών υπηρεσιών. Η πλατφόρμα του Google Cloud είναι διαθέσιμη σε 19 περιοχές και 58 ζώνες. Μια περιοχή είναι μια συγκεκριμένη γεωγραφική τοποθεσία όπου οι χρήστες μπορούν να αναπτύξουν νέους πόρους. Κάθε περιοχή είναι μια ανεξάρτητη γεωγραφική περιοχή που αποτελείται από ζώνες. Μια ζώνη είναι μια περιοχή ανάπτυξης για πόρους του Google Cloud Platform. Οι περισσότερες περιοχές έχουν τρεις ή περισσότερες ζώνες. Όσον αφορά τις πιστοποιήσεις όπως με τις προσφορές από τις υπηρεσίες Amazon Web Services, Microsoft Azure και IBM, είναι διαθέσιμες στην Google Cloud Platform μια σειρά από προγράμματα πιστοποίησης Google Cloud. Οι συμμετέχοντες μπορούν να επιλέξουν μεταξύ ηλεκτρονικών προγραμμάτων εκμάθησης που παρέχονται από την Coursera ή Qwiklabs καθώς και ζωντανών εργαστηρίων και webinars. Ανάλογα με το πρόγραμμα, οι πιστοποιήσεις μπορούν να κερδηθούν στο διαδίκτυο ή σε διάφορα κέντρα δοκιμών που βρίσκονται παγκοσμίως και είναι οι εξής:

-  Associate Cloud Engineer
-  Professional Data Engineer
-  Professional Cloud Architect
-  Professional Cloud Developer
-  Professional Cloud Network Engineer
-  Professional Cloud Security Engineer



Google Cloud IoT Core - Βασικές έννοιες

- Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT): Ένας συλλογικός όρος για τα φυσικά αντικείμενα που συνδέονται με το διαδίκτυο (άμεσα ή έμμεσα) και μπορούν να ανταλλάσσουν δεδομένα χωρίς τη συμμετοχή του χρήστη.
- Συσκευή: Ένα "πράγμα" στο "Διαδίκτυο των πραγμάτων". Μια μονάδα επεξεργασίας που είναι ικανή να συνδεθεί στο διαδίκτυο και να ανταλλάξει δεδομένα με το σύννεφο. Οι συσκευές ονομάζονται συχνά "έξυπνες συσκευές" ή "συνδεδεμένες συσκευές". Επικοινωνούν με δύο τύπους δεδομένων: τηλεμετρία και κατάσταση.
- Τηλεμετρία: Όλα τα δεδομένα συμβάντων (για παράδειγμα, μετρήσεις για το περιβάλλον) που αποστέλλονται από συσκευές στο νέφος. Δεδομένα τηλεμετρίας που αποστέλλονται από μια συσκευή στο σύννεφο ονομάζονται δεδομένα συμβάντος τηλεμετρίας συσκευής. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί το Google Cloud Big Data Solutions για να την ανάλυση δεδομένων τηλεμετρίας.
- Κατάσταση συσκευής: Μια αυθαίρετη, καθορισμένη από το χρήστη σφαίρα δεδομένων που περιγράφει την τρέχουσα κατάσταση της συσκευής. Τα δεδομένα κατάστασης συσκευής μπορούν να είναι δομημένα ή μη δομημένα και να ρέουν μόνο στην κατεύθυνση της συσκευής προς τη σύννεφο.
- Διαμόρφωση συσκευής: Μια αυθαίρετη, καθορισμένη από το χρήστη σφαίρα δεδομένων που χρησιμοποιείται για την τροποποίηση των ρυθμίσεων μιας συσκευής. Τα δεδομένα διαμόρφωσης μπορούν να είναι δομημένα ή μη δομημένα και να ρέουν μόνο στην κατεύθυνση του νέφους προς τη συσκευή.
- Μητρώο συσκευών: Ένα σύνολο συσκευών με κοινόχρηστες ιδιότητες. Μπορεί να "καταχωρηθεί" μια συσκευή με μια υπηρεσία (όπως Cloud IoT Core) για την καλύτερη διαχείριση της.
- Διαχείριση συσκευών: Η υπηρεσία που χρησιμοποιείται για την παρακολούθηση της υγείας και της δραστηριότητας της συσκευής, την ενημέρωση των ρυθμίσεων συσκευών και τη διαχείριση διαπιστευτηρίων και ελέγχου ταυτότητας.
- MQTT: Ένα βιομηχανικό πρωτόκολλο IoT (Transport Queue Telemetry Transport). Το MQTT είναι ένα πρωτόκολλο δημοσίευσης / εγγραφής (pub / sub).
- Εξαρτήματα: Τα κύρια συστατικά του Cloud IoT Core είναι ο διαχειριστής συσκευών και οι γέφυρες πρωτοκόλλου:
 - 1) Ένας διαχειριστής συσκευών για την καταχώρηση συσκευών με την υπηρεσία, ώστε να μπορούν να παρακολουθούνται και να διαμορφωθούν

- 2) Δύο γέφυρες πρωτοκόλλου (MQTT και HTTP) που μπορούν να χρησιμοποιήσουν οι συσκευές για να συνδεθούν με το Google Cloud Platform. Τα δεδομένα τηλεμετρίας συσκευής προωθούνται σε ένα θέμα Cloud Pub / Sub, το οποίο στη συνέχεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ενεργοποιήσει τις λειτουργίες του Cloud. Μπορεί επίσης να εκτελεστεί ανάλυση ροής με Cloud Dataflow ή προσαρμοσμένη ανάλυση με τους συνδρομητές των χρηστών.

Google Cloud IoT Core - Υπηρεσίες και Προϊόντα

- ❖ Ασφαλίζει τη σύνδεση και τη διαχείριση της συσκευής: Το Cloud IoT Core είναι μια πλήρως διαχειριζόμενη υπηρεσία που επιτρέπει τη σύνδεση, διαχείριση και απορρόφηση εύκολα δεδομένα από εκατομμύρια συσκευές που διασκορπίζονται παγκοσμίως. Το Cloud IoT Core, σε συνδυασμό με άλλες υπηρεσίες στην πλατφόρμα Cloud IoT, παρέχει μια ολοκληρωμένη λύση για τη συλλογή, επεξεργασία, ανάλυση και οπτικοποίηση των δεδομένων IoT σε πραγματικό χρόνο για τη βελτίωση της λειτουργικής αποτελεσματικότητας.
- ❖ Κάνει ενημερωμένες αποφάσεις σε παγκόσμια κλίμακα: Χρησιμοποιώντας Cloud Pub / Sub από κάτω, μπορεί να συγκεντρώσει διασκορπισμένα δεδομένα της συσκευής σε ένα ενιαίο παγκόσμιο σύστημα που ενσωματώνει άψογα με τις υπηρεσίες ανάλυσης δεδομένων σύννεφο της Google. Η IoT ροή δεδομένων μπορεί να χρησιμοποιηθεί για προηγμένα Analytics, απεικονίσεις, μηχανική μάθηση, και να συμβάλει στη βελτίωση της λειτουργικής αποτελεσματικότητας, να προβλέψει προβλήματα, και να οικοδομήσει μοντέλα που περιγράφουν καλύτερα και βελτιστοποιούν την επιχείρησή.
- ❖ Συνδέει με ασφάλεια το υπάρχον δίκτυο συσκευών: Συνδέει με ασφάλεια μερικά ή εκατομμύρια συσκευές που διασκορπίζονται παγκοσμίως μέσω τελικών σημείων πρωτοκόλλου που χρησιμοποιούν αυτόματη αντιστοίχιση φορτίου και οριζόντια κλίμακα για να εξασφαλιστεί η ομαλή λήψη δεδομένων υπό οποιεσδήποτε συνθήκες. Το Cloud IoT Core υποστηρίζει τα πρότυπα πρωτόκολλα MQTT και HTTP, ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν ήδη υπάρχουσες συσκευές με ελάχιστες αλλαγές στο υλικό και το λογισμικό. Ο Cloud IoT πυρήνας τρέχει σε υποδομές χωρίς διακομιστή της Google, η οποία κλιμακώνει αυτόματα ανάλογα με τις αλλαγές σε πραγματικό χρόνο και συμμορφώνεται με αυστηρά πρωτόκολλα ασφαλείας και πρότυπα που προστατεύουν τα δεδομένα της επιχείρησής.
- ❖ Δημιουργεί αμφίδρομη επικοινωνία με τις συσκευές: Φέρνει δεδομένα της συσκευής στην καθημερινότητα της επιχείρησης μέσω ενός ασφαλούς, έξυπνου και ευαίσθητου αγωγού δεδομένων IoT που δημιουργήθηκε από το Cloud IoT Core.
- ❖ Πιάνει απευθείας δουλειά: Διαχειρίζεται κεντρικά ολόκληρο το δίκτυο δεδομένων IoT από ένα ενιαίο υαλοπίνακα. Ο Cloud IoT Core λειτουργεί από το κουτί με συσκευές από κορυφαίους κατασκευαστές υλικού. Μπορεί εύκολα να

μειωθούν κεφαλαιουχικές δαπάνες στα έργα IoT και τα έξοδα συντήρησης με μια υπηρεσία pay-as-you-go.

- ❖ Παροχή μηδενικής αφής στη συσκευή Cloud IoT Core: Η υπηρεσία παροχής υπηρεσιών Cloud IoT (πρώιμη πρόσβαση) είναι μια υπηρεσία add-on για το Cloud IoT Core που απλοποιεί την παροχή υπηρεσιών στους πελάτες Cloud IoT και τους OEM.
- ❖ Διαχείριση συσκευών: Ο διαχειριστής συσκευών επιτρέπει τη διαμόρφωση και την ασφαλή διαχείριση μεμονωμένων συσκευών. Η διαχείριση μπορεί να γίνει μέσω κονσόλας ή με προγραμματισμό. Ο διαχειριστής συσκευής ορίζει την ταυτότητα μιας συσκευής και παρέχει τον μηχανισμό για την επαλήθευση της ταυτότητας μιας συσκευής κατά τη σύνδεση. Διατηρεί επίσης μια λογική διαμόρφωση κάθε συσκευής και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον τηλεχειρισμό της συσκευής από το σύννεφο.
- ❖ Γέφυρα πρωτοκόλλου: Η γέφυρα πρωτοκόλλου παρέχει τελικά σημεία σύνδεσης για πρωτόκολλα με αυτόματη εξισορρόπηση φορτίου για όλες τις συνδέσεις συσκευών. Η γέφυρα πρωτοκόλλου έχει εγγενή υποστήριξη για ασφαλή σύνδεση μέσω βιομηχανικών πρωτοκόλλων όπως το MQTT και το HTTP. Η γέφυρα πρωτοκόλλου δημοσιεύει όλη την τηλεμετρία της συσκευής στο Cloud Pub / Sub, η οποία στη συνέχεια μπορεί να καταναλωθεί από τα κατάντη αναλυτικά συστήματα.
- ❖ Ασφάλεια από άκρο σε άκρο: Η ασφάλεια από άκρο σε άκρο μπορεί να ενεργοποιηθεί χρησιμοποιώντας έλεγχο ταυτότητας ασύμμετρου κλειδιού μέσω του TLS 1.2. Τα CA υπογεγραμμένα πιστοποιητικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την επαλήθευση της ιδιοκτησίας συσκευών. Οι συσκευές που υποστηρίζουν τις απαιτήσεις ασφαλείας του Cloud IoT Core μπορούν να παρέχουν ασφάλεια πλήρους στοίβας.
- ❖ Ένα ενιαίο παγκόσμιο σύστημα: Όλες τις συσκευές και οι πύλες μπορούν να συνδεθούν στο Google Cloud μέσω τυπικών πρωτοκόλλων, όπως τα MQTT και HTTP, μέσω των τελικών σημείων πρωτοκόλλου και διαχειριστούν μαζικά ως ένα ενιαίο παγκόσμιο σύστημα. Η υπηρεσία χρησιμοποιεί Cloud Pub / Sub από κάτω, η οποία διατηρεί δεδομένα για επτά ημέρες.
- ❖ Έγγραφα δεδομένων εκτός πλαισίου: Υπάρχει δυνατότητα χρήσης συστημάτων ανάλυσης, ενσωματώνοντας τις υπηρεσίες Google Big Data Analytics και ML, που παρέχουν εργαλεία Dataflow, BigQuery, Bigtable, ML, Data Studio ή συνεργάτες BI.
- ❖ Πλήρης διαχείριση και κλιμάκωση: Η υπηρεσία είναι χωρίς διακομιστές και δεν απαιτεί εγκατάσταση λογισμικού εκ των προτέρων. Χρησιμοποιεί την οριζόντια κλίμακα της πλατφόρμας Google Cloud Platform.
- ❖ Έλεγχος πρόσβασης σε επίπεδο ρόλων: Διάφοροι ρόλοι μπορούν να προσαρμοστούν στα μητρώα συσκευών για τον έλεγχο, και την πρόσβαση των χρηστών σε συσκευές και δεδομένα.
- ❖ Ανάπτυξη της συσκευής σε κλίμακα: Δυνατότητα χρήσης API REST για την αυτόματη διαχείριση, εγγραφή, ανάπτυξη και λειτουργία των συσκευών σε

κλίμακα. Επίσης, με τη χρήση των API μπορούν να ανακτήθούν δεδομένα και να ενημερωθούν οι ιδιότητες της συσκευής ακόμα και όταν οι συσκευές δεν είναι συνδεδεμένες.

- ❖ Μηχανική μάθηση: Ο Cloud IoT Core συνδέεται με το Cloud IoT Edge για την ανάπτυξη μοντέλων μηχανικής μάθησης στις πύλες και τις συσκευές άκρων. Αυτό το ανεπτυγμένο μοντέλο μπορεί να αξιοποιήσει την πρωτογενή ισχύ του Edge TPU για να τρέξει τα εκπαιδευμένα μοντέλα ML στην άκρη με μεγάλη ταχύτητα σε πραγματικό χρόνο.

Google Cloud IoT Core - Προστασία Συσκευών

- ❖ Ασφάλεια συσκευής: Η ασφάλεια αποτελεί κρίσιμο ζήτημα κατά την ανάπτυξη και τη διαχείριση συσκευών IoT. Το Cloud IoT Core προσφέρει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά ασφαλείας:
 - I. Ο έλεγχος ταυτότητας δημόσιου / ιδιωτικού κλειδιού ανά συσκευή μέσω JSON Web Tokens (JWTs, RFC 7519). Αυτό περιορίζει την επιφάνεια μιας επίθεσης, επειδή ένα συμβιβασμένο κλειδί θα επηρεάσει μόνο μία συσκευή και όχι ολόκληρο το στόλο.
 - II. Υποστήριξη αλγορίθμων RSA ή Elliptic Curve για την επαλήθευση υπογραφών, με εφαρμογή για ισχυρά μεγέθη κλειδιών.
 - III. Υποστήριξη για την περιστροφή πλήκτρων ανά συσκευή, επιτρέποντας την εγγραφή ταυτόχρονων κλειδιών και υποστήριξη για το χρόνο λήξης ανά διαπιστευτήριο.
 - IV. Σύνδεση TLS 1.2, χρησιμοποιώντας αρχές πιστοποιητικών ρίζας (που απαιτούνται για το MQTT).
 - V. Η πρόσβαση στο API Core Cloud IoT ελέγχεται από τους ρόλους και τα δικαιώματα του Cloud Identity and Access Management (IAM).
- ❖ Πιστοποιητικά παροχής: Το παρακάτω διάγραμμα συνοψίζει τη διαδικασία παροχής των διαπιστευτηρίων της συσκευής. Ο πιστοποιημένος "παροχέας", ο οποίος συχνά είναι ο χρήστης που διαμορφώνει τη συσκευή, θεωρείται ότι έχει δημιουργήσει ένα έργο και ένα μητρώο και έχει δικαιώματα δημιουργίας συσκευών. Ο παροχέας χρησιμοποιεί το API Core Cloud IoT, τις εντολές gcloud ή την Κονσόλα πλατφόρμας Cloud για να δημιουργήσει μια λογική συσκευή στο σύννεφο.
- ❖ Το ζεύγος δημόσιου-ιδιωτικού κλειδιού παράγεται από τον παροχέα:
 - I. Ο παροχέας δημιουργεί τη συσκευή χρησιμοποιώντας το API Core Cloud IoT Core, τις εντολές gcloud ή την Κονσόλα πλατφόρμας Cloud, καθορίζοντας το δημόσιο κλειδί που μόλις δημιουργήθηκε. Αυτό θα χρησιμοποιηθεί για την επαλήθευση της ταυτότητας της συσκευής.
 - II. Ο διαχειριστής συσκευών Cloud IoT Core αποθηκεύει τον πόρο της συσκευής και το δημόσιο κλειδί.
 - III. Ο διαχειριστής συσκευής αποκρίνεται στον παροχέα, υποδεικνύοντας ότι η συσκευή δημιουργήθηκε.

- IV. Το ιδιωτικό κλειδί αποθηκεύεται στη συσκευή για να χρησιμοποιηθεί αργότερα για έλεγχο ταυτότητας. Για αυτό το βήμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί το υλικό Trusted Platform Module (TPM).

Σημείωση: Η σειρά των βημάτων που παρουσιάζονται εδώ δεν είναι κανονιστική. Για παράδειγμα, το κλειδί μπορεί να αποθηκευτεί στη συσκευή πριν να έχει καταχωρηθεί η συσκευή στον πυρήνα Cloud IoT.

- ❖ Έλεγχος ταυτότητας:
 - I. Η συσκευή προετοιμάζει το JSON Web Token (JWT. Το JWT υπογράφεται με το ιδιωτικό κλειδί από τη ροή ελέγχου ταυτότητας.
 - II. Κατά τη σύνδεση με τη γέφυρα MQTT, η συσκευή παρουσιάζει το JWT ως κωδικό πρόσβασης στο μήνυμα MQTT CONNECT. Το περιεχόμενο του ονόματος χρήστη αγνοείται. Ωστόσο, μερικές βιβλιοθήκες πελάτη MQTT δεν θα στείλουν τον κωδικό πρόσβασης εκτός αν έχει καθοριστεί το όνομα χρήστη. Για καλύτερα αποτελέσματα, το όνομα χρήστη πρέπει να οριστεί σε μια αυθαίρετη τιμή όπως αχρησιμοποίητο ή αγνοημένο.
 - III. Η γέφυρα MQTT επαληθεύει το JWT σε σχέση με το δημόσιο κλειδί της συσκευής.
 - IV. Η γέφυρα MQTT δέχεται τη σύνδεση.
 - V. Η σύνδεση κλείνει όταν λήξει το JWT.
- ❖ Πρότυπα ασφαλείας: Ο Cloud IoT Core χρησιμοποιεί έλεγχο ταυτότητας με βάση την ψηφιακή υπογραφή, για υπογεγραμμένα σήματα RSA και Elliptic Curve. Υποστηρίζονται οι ακόλουθοι συγκεκριμένοι αλγόριθμοι:
 - 1) JWT RS256 (RSASSA-PKCS1-v1_5 χρησιμοποιώντας SHA-256)
 - 2) JWT ES256 (ECDSA χρησιμοποιώντας P-256 και SHA-256), που ορίζεται στο OpenSSL ως καμπύλη prime256v1

Ο αλγόριθμος RSA χρησιμοποιείται και υποστηρίζεται ευρέως από τις βιβλιοθήκες πελατών. Ωστόσο, τα παραγόμενα πλήκτρα και υπογραφές μπορεί να είναι αρκετά μεγάλα (γενικά της τάξης ενός έως δύο kilobytes). Επιπλέον, το RSA μπορεί να χρησιμοποιήσει ένα σημαντικό ποσό πόρων (τόσο από πλευράς μήκους κλειδιού όσο και CPU), που μπορεί να επηρεάσει συσκευές που έχουν περιορισμένους πόρους. Ο αλγόριθμος ελλειπτικής καμπύλης υποστηρίζεται καλά αλλά δεν χρησιμοποιείται τόσο ευρέως ως RSA. Για να χρησιμοποιηθεί η ελλειπτική καμπύλη, ίσως χρειαστεί να εγκατασταθούν πρόσθετες εξαρτήσεις στη βιβλιοθήκη πελατών. Ωστόσο, τα παραγόμενα κλειδιά και οι υπογραφές είναι σημαντικά μικρότερες από αυτές που παράγονται από την RSA, οι οποίες μπορεί να είναι χρήσιμες για συσκευές με περιορισμένους πόρους.

- ❖ Δύναμη κλειδιού: Το Cloud IoT Core απαιτεί ελάχιστη ασφάλεια 112 bit, ακολουθώντας τις συστάσεις του NIST. Αυτό μεταφράζεται σε ένα ελάχιστο

μέγεθος κλειδιού 2048-bit για το RS256. Το ES256 έχει προκαθορισμένο επίπεδο 128 bit ασφαλείας (το μέγεθος του κλειδιού είναι σταθερό). Google Cloud IoT Core – Πρωτόκολλα Το Cloud IoT Core υποστηρίζει δύο πρωτόκολλα για τη σύνδεση συσκευών και την επικοινωνία: MQTT και HTTP. Οι συσκευές επικοινωνούν με το Cloud IoT Core μέσω μιας "γέφυρας" - είτε της γέφυρας MQTT είτε της γέφυρας HTTP. Η γέφυρα MQTT / HTTP αποτελεί κεντρική συνιστώσα του πυρήνα Cloud IoT, όπως φαίνεται στην επισκόπηση στοιχείων. Όταν δημιουργείται ένα μητρώο συσκευών, επιλέγεται πρωτόκολλα για ενεργοποίηση: MQTT, HTTP ή και τα δύο.

- 1) Το MQTT είναι ένα τυπικό πρωτόκολλο δημοσίευσης / εγγραφής που χρησιμοποιείται συχνά και υποστηρίζεται από ενσωματωμένες συσκευές και είναι επίσης συνηθισμένο στις αλληλεπιδράσεις μηχανής με μηχανή.
- 2) Το HTTP είναι ένα πρωτόκολλο "χωρίς σύνδεση": με τη γέφυρα HTTP, οι συσκευές δεν διατηρούν σύνδεση με τον πυρήνα Cloud IoT. Αντ' αυτού, στέλνουν αιτήματα και λαμβάνουν απαντήσεις. Ο πυρήνας του Cloud IoT υποστηρίζει μόνο το HTTP 1.1 (όχι 2.0).

Περιγραφή εφαρμογής και χρήσης της αρχιτεκτονικής στον τομέα των έξυπνων πόλεων

Smart Parking: Χρησιμοποιώντας την πλατφόρμα Google Cloud, ο έξυπνος χώρος στάθμευσης έχει γίνει ένας πάροχος επιχειρηματικών λύσεων δεδομένων-πληροφοριών που διαχειρίζεται μια πλατφόρμα IoT για να αξιοποιήσει τις ευκαιρίες στις έξυπνες εξελίξεις στην πόλη.

Τα αποτελέσματα της Google Cloud:

- 1) Μειωμένη εγκατάσταση έξυπνων χώρων στάθμευσης / έξυπνων πόλεων για εγκατάσταση και επιχειρησιακή υποστήριξη.
- 2) Ενεργοποίηση της ανάπτυξης μιας πλατφόρμας Smart Cloud IoT σε τέσσερις μόνο μήνες.
- 3) Πρόσβαση και χρήση δεδομένων σε ολόκληρο τον οργανισμό.

Το βασικό προϊόν Smart Parking είναι ένα σύστημα με αισθητήρες που ονομάζεται SmartPark και χρησιμοποιείται σε περιβάλλοντα όπως εμπορικά κέντρα, αεροδρόμια, εμπορικές εγκαταστάσεις στάθμευσης, πανεπιστήμια και δημοτικές οδούς. Έχει αναπτύξει πάνω από 50.000 αισθητήρες παγκοσμίως για τη στήριξη συστημάτων στάθμευσης. Σύμφωνα με εκτιμήσεις, τουλάχιστον το 70% της κλίμακας παραγωγής και τα σύγχρονα περιβάλλοντα έξυπνων χώρων στάθμευσης χρησιμοποιούν παγκοσμίως τις τεχνολογίες τους. Αυτό επιτρέπει στους χειριστές να αποκτήσουν ζωντανές πληροφορίες σχετικά με τη χρήση του χώρου στάθμευσης και να παρέχουν

αυτοματοποιημένη καθοδήγηση και σήμανση για να ενημερώσουν τους πελάτες σχετικά με τον αριθμό των κενών χώρων που είναι διαθέσιμα σε κάθε επίπεδο της δομής στάθμευσης ή της οδού μιας πόλης. Επιπλέον δίνει τη δυνατότητα στους φορείς εκμετάλλευσης στάθμευσης να προσδιορίσουν εάν τα οχήματα που σταθμεύουν σε θέσεις περιορισμένης διάρκειας έχουν παραμείνει για μεγάλο χρονικό διάστημα. Οι φορείς εκμετάλλευσης μπορούν να ενημερώνουν τους επιθεωρητές που μπορούν να αναλάβουν δράσεις επιβολής, όπως η έκδοση προειδοποιήσεων παραβίασης. Ένα άλλο κινητό προϊόν έξυπνου χώρου στάθμευσης επιτρέπει στους φορείς εκμετάλλευσης στάθμευσης να φωτογραφίζουν πινακίδες κυκλοφορίας για να αναγνωρίζουν τα οχήματα που έχουν μείνει υπερχρεωμένα. Η επιχείρηση αναπτύσσει επίσης εφαρμογές που επιτρέπουν στους χρήστες να βλέπουν τον αριθμό των θέσεων στάθμευσης που διατίθενται σε κοντινούς χώρους στάθμευσης.

Το Smart Parking επεκτείνει τις δραστηριότητές του σε έξυπνες εξελίξεις στην πόλη. Η επιχείρηση το βλέπει αυτό ως μια φυσική εξέλιξη καθώς τα συστήματα στάθμευσης της εγκαθιστούν ένα ισχυρό κοινό ίδρυμα από το οποίο μπορούν να παραδώσουν πολλές άλλες υπηρεσίες. Η χρήση του GCP έχει δημιουργήσει επανάσταση στις διαδικασίες ανάπτυξης λογισμικού του Smart Parking. Επιπλέον, έχει καταστήσει τα δεδομένα προσβάσιμα σε οποιονδήποτε εντός της επιχείρησης έξυπνου χώρου στάθμευσης και αυτό επεκτείνεται στους πελάτες μέσω των υπηρεσιών πληροφοριών SmartCloud.

2.2.2 Salesforce Platform

Το Salesforce, είναι ένα cloud λογισμικό που εδρεύει στο San Francisco στην Καλιφόρνια. Αν και το μεγαλύτερο μέρος των εσόδων της εφαρμογής προέρχεται από το προϊόν Customer Relationship Management, το Salesforce παρέχει μια σειρά επιχειρηματικών εφαρμογών που εστιάζονται στην εξυπηρέτηση πελατών, την αυτοματοποίηση του εμπορίου και την ανάλυση και ανάπτυξη εφαρμογών. Έχει αναδειχθεί ως η πρώτη ανάμεσα στις εκατό καλύτερες εταιρείες για να δουλέψει κανείς για το 2018.

Είναι μία πλατφόρμα αρκετά ευέλικτη, με την οποία μπορεί να επιτευχθεί άμεση επικοινωνία μεταξύ των επιχειρήσεων και των πελατών χωρίς κάποια εγκατάσταση, απλά και μόνο με την σύνδεση στο internet.

Μέσω του salesforce μία εταιρεία μπορεί να αναπτύξει την επιχείρησή της, ενώ παράλληλα θα μπορεί να κατανοήσει τις ανάγκες των πελατών και να λύσει τα προβλήματά τους. Όλα αυτά σε μία ενιαία πλατφόρμα που είναι πάντοτε συμβατή με κάθε συσκευή.

Πιο συγκεκριμένα, μέσω της εφαρμογής μία επιχείρηση μπορεί να κερδίσει περισσότερους πελάτες και ενδιαφέρον πολύ πιο εύκολα, να διατηρεί τους πελάτες της

ευχαριστημένους και ενημερωμένους, να κατευθύνει προς την επιχείρηση δυνητικούς πελάτες, να έρθει άμεσα σε επαφή μαζί τους, να διαχειρίζεται την επιχείρηση και ό,τι έχει σχέση με αυτή μέσω οποιασδήποτε κινητής συσκευής και τέλος, να είναι σε θέση να βλέπει με ποιους έχει συνεργαστεί.

Προϊόντα του SALESWORK

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, το salesforce παρέχει μία σειρά από προϊόντα. Αυτά είναι: Sales, Service, Marketing, Commerce, Engagement, Platform, Integration, Analytics, Industries, Communities, Enablement και Productivity και θα περιγραφούν αναλυτικά στη συνέχεια.

- **Sales:** Πρόκειται για ένα προϊόν μέσω του οποίου μία επιχείρηση μπορεί να κλείσει συμφωνίες με πολύ πιο ευέλικτο τρόπο. Μια επιχείρηση μπορεί να αυξήσει την παραγωγικότητά της η και να έχει μεγαλύτερο κέρδος χωρίς περιορισμούς στο λογισμικό, το υλικό ή την ταχύτητα. Μέσω αυτού του προϊόντος, και με τη βοήθεια της τεχνητής νοημοσύνης, μπορεί οπουδήποτε να ξεκινήσει μία διαδικασία πώλησης και να παρακολουθείται σε κάθε βήμα της. Αυτόματη συλλογή δεδομένων και συλλογή πληροφοριών ανά πάσα στιγμή, είναι μερικά από τα θετικά αυτών των λειτουργιών. Επιπλέον, μπορεί να συντομευτεί ένας κύκλος πωλήσεων χρησιμοποιώντας δοκιμασμένα βήματα για μία πώληση και χρησιμοποιώντας κάθε δυνατό μέσο του πελάτη όπως το τηλέφωνο, το email κλπ ακριβώς την κατάλληλη στιγμή. Έτσι, βελτιώνονται οι εργασίες, και χρησιμοποιούνται δοκιμασμένα βήματα για μία πώληση. Ο πελάτης, μέσω αυτού του προϊόντος μπορεί να έχει μία προσωπική εμπειρία χρησιμοποιώντας το B2B εμπόριο. Η επιχείρηση θα παρακολουθεί κάθε πτυχή της περιήγησης του πελάτη από τον ίδιο προς κάθε επιχείρηση που μεσολαβεί. Παρέχονται, επίσης προσαρμοσμένες εφαρμογές έτσι ώστε να επεκτείνεται η επιχειρηματική διαδικασία και να προωθείται η καινοτομία. Έτσι μια επιχείρηση μπορεί να αυξήσει και την παραγωγικότητά της. Για παράδειγμα, το προϊόν Sales μπορεί να ενσωματώσει και την πλατφόρμα Salesforce Lightning Platform.
- **Service:** Πρόκειται για το προϊόν που χρησιμοποιείται για την εξυπηρέτηση των πελατών. Από εδώ ο πελάτης μπορεί να επικοινωνήσει είτε μέσω τηλεφωνικού κέντρου είτε μέσω πύλης αυτοεξυπηρέτησης. Η εφαρμογή μπορεί να προσφέρει σε μία επιχείρηση υπηρεσίες έτσι ώστε να βρεθούν ευέλικτες λύσεις για τα προβλήματα που υπάρχουν και να προβλεφθούν οι ανάγκες των πελατών. Το service μπορεί να προσφέρει γρήγορες και αξιόπιστες λύσεις για διάφορες πιθανές περιπτώσεις προβλημάτων ή αναγκών με μία πλήρη ματιά από την πλευρά του πελάτη. Μπορεί επίσης, να ενδυναμώσει τους πελάτες παρέχοντάς τους κοινότητες και διάφορα σημεία υποστήριξης. Μία επιχείρηση, μπορεί να προσφέρει και να μεταφέρει την προσωπική υποστήριξη στους πελάτες διαμέσου των ψηφιακών μέσων, με μηνύματα chat και κοινωνικά δίκτυα.

- **Marketing:** Στο marketing οι επιχειρήσεις παρέχουν προσωπικές και εξατομικευμένες περιηγήσεις που υποστηρίζονται από έξυπνες πλατφόρμες για email, κινητά, ψηφιακή διαφήμιση και μία πλατφόρμα διαχείρισης δεδομένων (DMP). Πιο συγκεκριμένα, η επιχείρηση μπορεί να συνδέσει τα δεδομένα που λαμβάνει μέσω πολλαπλών πηγών και συσκευών, για να αποκτήσει μία ενιαία εικόνα του πελάτη. Μπορεί να κατασκευάζει πρώτη, δεύτερη και τρίτη ομάδα δεδομένων για να γνωρίσει καλύτερα τον πελάτη και να αναπτύξει την κινητικότητα της προσελκύνοντας και άλλο κοινό. Είτε ο πελάτης είναι επιχείρηση ή καταναλωτής, η εφαρμογή του marketing μπορεί να είναι ενιαία πλατφόρμα που θα ενοποιεί τα δεδομένα, θα επικεντρώνεται προσωπικά σε κάθε επικοινωνία και επαφή με τους πελάτες και θα μετράει την απόδοση κάθε καμπάνιας. Τέλος, η πλατφόρμα παρέχει μετρήσεις σχετικά με την επίδραση του marketing σε όλες τις επαφές της επιχείρησης και τις συσκευές.
- **Commerce:** Είναι μία πλατφόρμα μέσω της οποίας υποστηρίζεται το B2C commerce, το B2B commerce, το ασταμάτητο commerce χωρίς περιορισμούς κλπ. Μέσω αυτής της εφαρμογής, μπορούν να συνδεθούν το B2B και το B2C σε κάθε σημείο επαφής με προβολή όλων των δραστηριοτήτων, των παραγγελιών κλπ. Επιπλέον, μπορεί να υποστηριχθεί κατάλληλα και το εμπόριο μέσω κινητών συσκευών με διάφορες δυνατότητες όπως το one-touch payment. Κοντά στις απαιτήσεις των καταναλωτών, οι επιχειρήσεις μέσω του Commerce παρέχουν μία cloud εφαρμογή που είναι πάντα ανοιχτή, πάντα ασφαλής και πάντα γρήγορη.
- **Engagement:** Προϊόν που παρέχει τη δημιουργία προσαρμοσμένων εφαρμογών συνδεδεμένες με το Salesforce και από το οποίο μπορούν να διοχετευθούν οι εφαρμογές στην αγορά ταχύτερα με τις cloud υπηρεσίες της Heroku και με τις εμπειρίες των προγραμματιστών. Στην ουσία μέσω αυτού του προϊόντος, μία επιχείρηση μπορεί να συνδέσει την εφαρμογή της στο salesforce με το cloud Heroku και να συγχρονίζει τα δεδομένα μεταξύ του salesforce και των εφαρμογών και προς τις δύο κατευθύνσεις.
- **Platform and Ecosystem:** Πρόκειται για εργαλείο δημιουργίας έξυπνων εφαρμογών για κινητές συσκευές που επεκτείνουν το CRM. Επιλύει προβλήματα χρησιμοποιώντας drag-and-drop εργαλεία, χωρίς ούτε μία γραμμή κώδικα.
- **Integration:** Με αυτό το προϊόν, συνδέονται οι εφαρμογές, τα δεδομένα ή οι συσκευές είτε στο cloud είτε επιτόπου. Χρησιμοποιεί το MuleSoft Anypoint Platform. Έτσι, φέρνει δεδομένα από διάφορα συστήματα όπως SAP, Oracle κλπ στο salesforce. Ενδυναμώνει και βοηθά μία επιχείρηση να καινοτομεί γρηγορότερα, να ανακαλύπτει και να επαναχρησιμοποιεί ενσωματωμένα στοιχεία για να χτίζει καινούρια project.
- **Analytics:** Οι επιχειρήσεις μπορούν να παίρνουν πιο έξυπνες, καθοδηγούμενες από τα δεδομένα, αποφάσεις που θα την κάνουν να συμβαδίζει με τα λεγόμενα “Einstein Analytics”. Η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να κάνει μια επιχείρηση να προχωρήσει από τα δεδομένα σε πράξεις και αποφάσεις πολύ γρήγορα.

- Industries: Μέσω αυτού του προϊόντος, μία επιχείρηση μπορεί να βρει λύσεις που είναι προσαρμοσμένες σε συγκεκριμένες ανάγκες της, χρησιμοποιώντας πάντα την Salesforce. Η συγκεκριμένη πλατφόρμα, βρίσκει εφαρμογή στις τραπεζικές συναλλαγές, στην κατανάλωση, στην υγεία, στις επιστήμες υγείας, στα media στην επικοινωνία, στις κυβερνήσεις, στην ασφάλεια, στον τουρισμό κλπ. Πιο συγκεκριμένα στον τομέα της υγείας, μπορεί να παρέχει μια αναλυτική εικόνα του ασθενή, να του παρέχει ουσιαστική φροντίδα και να είναι ανά πάσα στιγμή συνδεδεμένη η εφαρμογή μαζί του οπουδήποτε και σε οποιαδήποτε συσκευή.
- Communities: Με το community cloud, μπορούν να δημιουργηθούν CRM εφαρμογές πολύ γρήγορα. Χρησιμοποιούνται διάφορα πρότυπα έτσι ώστε να αναπτυχθούν γρήγορα προσχεδιασμένες και εξειδικευμένες λύσεις για τους πελάτες και τους συνεργάτες. Συγκεκριμένα, μέσα σε 5 βήματα μπορεί να δημιουργηθεί μία τέτοια εφαρμογή:
 1. Επιλογή του πρότυπου που ταιριάζει με τις ανάγκες της επιχείρησης.
 2. Επιλογή θέματος σχετικό με την κατηγορία της επιχείρησης.
 3. Προσθήκη περιεχομένου και components.
 4. Σύνδεση δεδομένων.
 5. Εκκίνηση της σελίδας.
- Enablements: Η πλατφόρμα αυτή χρησιμοποιεί το myTrailhead. Είναι η κορυφαία πλατφόρμα μαθησιακής εμπειρίας στον κόσμο. Η επιχείρηση μπορεί να βελτιώσει την παραγωγικότητα, να αυξήσει την αποδοτικότητα του salesforce και να καλλιεργήσει την εταιρική κουλτούρα. Το myTrailhead είναι αρκετά φιλικό προς αυτούς που το μαθαίνουν και τους εκπαιδεύει γρήγορα ώστε να χτίσουν μόνοι τους μία πλατφόρμα μάθησης σε κινητές συσκευές. Επιπλέον, ενισχύει την παραγωγικότητα μοιράζοντας την μάθηση σε μικρού μήκους περιεχόμενο που αναφέρεται στον κατάλληλο άνθρωπο την κατάλληλη στιγμή. Τέλος, ενθαρρύνει τους πελάτες να μάθουν το Salesforce με αναφορές, αξιολογήσεις κλπ, και προβάλλει τις αξίες της επιχείρησης με περιεχόμενο σχετικά με τη μοναδική κουλτούρα της επιχείρησης.
- Productivity: Στην τελευταία υπηρεσία που παρέχει το salesforce, χρησιμοποιείται το Quip. Με αυτή την εφαρμογή, μία επιχείρηση μπορεί να δημιουργήσει ζωντανές εφαρμογές, slides, υπολογιστικά φύλλα κλπ. Με αυτή τη δυνατότητα, δημιουργούνται εφαρμογές που ενσωματώνουν τα δεδομένα του salesforce και ενημερώνονται αυτόματα χωρίς να χρειάζεται έλεγχος για το αν κάτι είναι ξεπερασμένο. Πιο συγκεκριμένα, με το quip όλοι μπορούν να είναι ενημερωμένοι σε μία ενιαία σελίδα, αποφεύγοντας έτσι τα ξεχωριστά email και τις ειδοποιήσεις. Επιπλέον, το quip είναι προσβάσιμο από οπουδήποτε προσφέροντας συνεχή ενημέρωση σε όποιο σημείο και αν βρίσκεται κανείς και σε όποια συσκευή είναι συνδεδεμένος. Τέλος, είναι μία ενοποιημένη εφαρμογή που συνδυάζει ζωντανές εφαρμογές όπως ημερολόγια, βίντεο εικόνες και πολλά άλλα με αποτέλεσμα να μην χρειάζονται ξεχωριστά προγράμματα και πολλαπλές εφαρμογές.

Αν κοιτάξει κανείς συνολικά μέσα στην πλατφόρμα του salesforce, θα δει πως ένας ενδιαφερόμενος πελάτης ή μία ενδιαφερόμενη επιχείρηση που θέλει να χρησιμοποιήσει αυτή την πλατφόρμα, καθ' όλη την διάρκεια της περιήγησής του έχει ανά πάσα στιγμή την δυνατότητα να επικοινωνήσει με κάποιον ειδικό (είτε τηλεφωνικά είτε μέσω αυτοεξυπηρέτησης). Επιπλέον έχει την δυνατότητα σε κάθε ένα προϊόν που υποστηρίζεται, να δει διάφορα demos σχετικά με τις εφαρμογές που υποστηρίζονται. Φυσικά υπάρχει παντού δωρεάν δοκιμή των 15 ημερών για κάθε μία ξεχωριστή δυνατότητα. Τέλος, ανά πάσα στιγμή επιλέγοντας την κατηγορία της επιχείρησής και τις ανάγκες της το salesforce προσφέρει την κατάλληλη κατεύθυνση.

Το SALESFORCE στον τομέα της υγείας

Ένα αρκετά ευαίσθητο θέμα που απασχολεί τον κόσμο της πληροφορικής και ειδικά τον κόσμο που έρχεται για να μείνει με το 5G και το IoT, είναι αδιαμφισβήτητο ο τομέας της υγείας. Το λεγόμενο smart health αποτελεί και αυτό έναν τομέα που το salesforce καλύπτει πλήρως με ποικιλία δυνατοτήτων και εφαρμογών.

Η παρούσα ενότητα θα επικεντρωθεί, σε ό,τι αφορά την κατηγορία των ασθενών και τι υποστηρίζεται γύρω από αυτή την περίπτωση χρήσης από το health cloud που παρέχει το salesforce. Πρόκειται για την δημιουργία των ασθενών καθώς και όλο το παρασκήνιο γύρω από αυτό, τους διαφορετικούς τρόπους με τους οποίους μπορεί κανείς να αποθηκεύσει και να παρακολουθεί έναν ασθενή, την διαγραφή των δεδομένων των ασθενών καθώς και την διαχείριση της λίστας που έχει κανείς δημιουργήσει.

Πριν από τη δημιουργία των ασθενών και πριν χρησιμοποιηθεί η πλατφόρμα του health cloud, είναι απαραίτητα τα δεδομένα των ασθενών που προκύπτουν από τα ιατρικά αρχεία και τις πληροφορίες. Σε αυτή τη φάση, ο χρήστης της πλατφόρμας γίνεται συντονιστής στην φροντίδα του ασθενούς έτσι ώστε εκείνος να είναι έτοιμος να τον διαχειριστεί. Στη συνέχεια προστίθενται οι γιατροί, τα μέλη τις οικογενείας και όποιος άλλος είναι απαραίτητος στην παροχή της φροντίδας και δημιουργείται ένα πλάνο προσαρμοσμένο στην ειδική περίπτωση του κάθε ασθενή. Μόλις επιλεγθεί ένας ασθενής από το σύστημα HER, το salesforce δημιουργεί όλες τις αναφορές και τα αντικείμενα που χρειάζονται έτσι ώστε να ξεκινήσει η διαχείριση του ασθενούς.

- ❖ **Δημιουργία ασθενών:** Κάθε φορά που δημιουργείται ένας ασθενής, το salesforce πραγματοποιεί τις ακόλουθες ενέργειες:
 1. Δημιουργεί τον ασθενή ατομικά, με βάση τα πεδία που έχουν συμπληρωθεί στο EHR σύστημα. Με τον όρο «ατομικά» εννοείται τόσο το αντικείμενο που δημιουργείται όσο και η επαφή με αυτό που είναι συσχετισμένη με το ατομικό ID του ασθενή.
 2. Δημιουργεί έναν ατομικό λογαριασμό για τον ασθενή.

3. Δημιουργεί μία ατομική αναφορά της επαφής του ασθενή. Αυτή η αναφορά, είναι συνδεδεμένη με τον λογαριασμό μέσω του ID που αναφέρθηκε πιο πάνω.
 4. Δημιουργία μιας υπόθεσης με ένα Πλάνο Φροντίδας Ασθενούς, έτσι ώστε αυτό το πλάνο να εμφανίζεται στη σελίδα αυτόματα. Αν έχει επιλεγεί ένας συντονιστής φροντίδας τότε αυτός θα είναι και ο υπεύθυνος της υπόθεσης.
 5. Προσθέτει την υπόθεση με το πλάνο της στις αναφορές του λογαριασμού.
 6. Δημιουργεί μία ομάδα για την υπόθεση με το αντικείμενο που δημιουργήθηκε ως ασθενή και τοποθετεί και τον συντονιστή της, αν αυτός έχει επιλεγεί.
 7. Προσθέτει το ID του ασθενή ανάμεσα στους «υποψήφιους ασθενείς».
- ❖ Δημιουργία ασθενών από ήδη χρήστες του salesforce: Το salesforce παρέχει την δυνατότητα να χρησιμοποιούνται στοιχεία των χρηστών του salesforce ή των υποψήφιων ασθενών έτσι ώστε να μετατρέπονται αυτόματα τα στοιχεία τους σε ασθενείς. Η λίστα αυτή στην ουσία, είναι όλοι οι πελάτες που έχει δημιουργήσει η επιχείρηση μέσω του salesforce μέσω της ενσωμάτωσης που παρέχει το σύστημα EHR. Για την αυτόματη μετατροπή αυτών των δεδομένων σε ασθενείς, χρησιμοποιείται το κουμπί convert to patient. Ακολουθούν τα βήματα που απαιτούνται για να γίνει αυτή η δημιουργία:
1. Από τη λίστα με τις επιλογές επιλέγεται το Leads.
 2. Στην επιλογή Lead Views, επιλέγεται το list view από τη λίστα για να μεταφερθούμε απευθείας σε αυτό το list view ή επιλέγεται το Create New View για να δημιουργηθεί νέα παρουσίαση.
 3. Επιλέγεται ένας ή περισσότεροι πελάτες για μετατροπή σε αναφορές ασθενών.
 4. Επιλέγεται το Convert to Patient.
 5. Επιλογή μεταξύ διπλότυπων ασθενών. Αν δεν υπάρχουν, επιλέγεται το next. Πριν την μετατροπή, το salesforce ελέγχει για τυχόν διπλές αναφορές. Αυτό συμβαίνει γιατί οι τιμές στο Source System ID, Source System και στο Medical Record Number για τον ασθενή πρέπει να είναι μοναδικά. Επιπλέον, οι τιμές σε αυτά τα πεδία, δεν μπορούν να συσχετισθούν με μία υπάρχουσα αναφορά. Συνεπώς, αυτό το ζήτημα πρέπει να λυθεί πριν προχωρήσει η διαδικασία. Ωστόσο, η διαδικασία μπορεί να συνεχιστεί με την προϋπόθεση ότι τα διπλότυπα θα εξαλειφθούν στην συνέχεια.
 6. Προαιρετικά μπορεί σε αυτό το στάδιο να επιλεγεί το όνομα του συντονιστή. Φυσικά, μπορεί να επιλεγεί και σε κάποια άλλη στιγμή από ειδικό πεδίο της φόρμας είτε επιλεκτικά είτε και αυτόματα.
 7. Εάν πρέπει να δημιουργηθούν διάφορα πλάνα φροντίδας, πρέπει να επιλεγεί ποιο θα είναι το αρχικό. Το αρχικό πλάνο δημιουργείται για κάθε ασθενή κατά τη διάρκεια της μετατροπής και τοποθετείται στον

λογαριασμό του. Τα υπόλοιπα πλάνα μπορούν να τοποθετηθούν στην συνέχεια. Το πεδίο Care Plan στον λογαριασμό γεμίζει αυτόματα στην αρχική μετατροπή και στη συνέχεια, μπορεί να τοποθετηθεί συγκεκριμένη ρουτίνα διαχείρισης και ενημέρωσης όλων των διαφόρων πλάνων.

8. Επίβλεψη της λίστας των ασθενών και του συντονιστή, αν επιλέχθηκε και τέλος επιλογή Convert για το τέλος της διαδικασίας.

- ❖ Δημιουργία ασθενών από εισαγωγή αρχείων: Πρόκειται για την δημιουργία ασθενών χρησιμοποιώντας τις πληροφορίες που λαμβάνονται μέσω αλληλεπίδρασης με το ηλεκτρονικό ιατρικό σύστημα. Η συχνότητα με την οποία δημιουργούνται ασθενείς με αυτόν τον τρόπο, εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τον τρόπο με τον οποίο ο οργανισμός επιλέγει να ενσωματώσει τα back-end συστήματα όπως το EHR με το Health Cloud. Η σελίδα με τους υποψήφιους ασθενείς, δείχνει όλα τα αρχεία που έχουν εισαχθεί στο salesforce χρησιμοποιώντας αυτόν τον τρόπο με το σύστημα EHR. Το πεδίο All δείχνει όλους τους ασθενείς που έχουν εισαχθεί από τα αρχεία του EHR ακόμα και αυτούς που ακόμα δεν έχουν μετατραπεί σε ασθενείς του Health Cloud. Για αυτούς που έχουν περάσει την διαδικασία της μετατροπής, μπορούν να εμφανιστούν όλα τα στοιχεία που υπάρχουν για αυτούς πατώντας στον κωδικό της αναφοράς τους στο health cloud. Το πεδίο Not Converted δείχνει τις εγγραφές που έχουν εισαχθεί από τα αρχεία του EHR αλλά δεν έχουν ακόμη μετατραπεί σε ασθενείς του Health Cloud. Το πεδίο Converted δείχνει τις εγγραφές που έχουν περάσει και από το στάδιο της μετατροπής επιτυχώς. Επιλέγοντας μια εγγραφή για μετατροπή σε ασθενή, το σύστημα του salesforce αυτόματα κάνει όλη τη δουλειά παρασκηνίου αντί να κατασκευάζαμε μόνοι μας κάρτα ασθενούς, πληροφορίες επικοινωνίας, ιατρικές πληροφορίες κλπ με τη διαδικασία που αναφέρθηκε προηγουμένως.
- ❖ Διαγραφή των δεδομένων των ασθενών: Κάποιες φορές είναι αναγκαία η διαγραφή των προσωπικών δεδομένων ενός ασθενή κάτω από προστασία των δεδομένων και κανονισμούς για το απόρρητο. Διαγράφοντας τα δεδομένα του Health Cloud για έναν ασθενή είναι το ίδιο με το να διαγραφούν οποιαδήποτε δεδομένα του salesforce. Σε κάποια χρονική στιγμή, ένας ασθενής ή κάποιο μέλος του health cloud μπορεί να θέλει να διαγράψει όλα τα προσωπικά του στοιχεία από αυτό. Καλό είναι να τηρηθεί η διαδικασία που θα περιγραφεί παρακάτω και με τη συγκεκριμένη σειρά:
 1. Διαγραφή όλων των δεδομένων του ασθενή στα αντικείμενα του EHR, των υποψήφιων ασθενών και του αντικειμένου Provider.
 2. Διαγραφή όλων των δεδομένων του ασθενή στα προγράμματα για τον ασθενή και τις υποθέσεις που έχουν συσχετισθεί με αυτόν.
 3. Διαγραφή όλων των δεδομένων του ασθενή που είχαν εισαχθεί στο σύστημα ως χρήστης, ως τρόπος επικοινωνίας κλπ.

4. Διαγραφή όλων των δεδομένων του ασθενή στους ήδη υπάρχοντες πελάτες, στον λογαριασμό, στις επαφές και στο ημερολόγιο που είχε δημιουργηθεί για αυτόν.
 5. Για να μην υπάρξει επανεμφάνιση του χρήστη, χρειάζεται να αφαιρεθούν όλα τα προσωπικά δεδομένα του πελάτη από κάθε συσχετισμένη επαφή που αλληλοεπιδρά με το health cloud και να εξαιρεθεί από κάθε μελλοντικό συγχρονισμό των δεδομένων.
 6. Αφαίρεση οποιωνδήποτε προσωπικών στοιχείων είναι αναγνωρίσιμα σε πεδία ελεύθερου κειμένου και πεδία που δεν έχουν αναφερθεί.
- ❖ Διαχείριση της λίστας των ασθενών: Ο κάθε χρήστης μπορεί να κατασκευάσει τη δική του λίστα προσαρμοσμένη στο σχεδιασμό του και στον δικό του τρόπο αναπαράστασης. Αυτή η λίστα μπορεί να είναι βασισμένη σε διάφορες έτοιμες περιπτώσεις, κοινά πρωτόκολλα ή άλλες ομοιότητες που είναι απαραίτητα για την διαχείριση. Το salesforce έχει έτοιμο σχεδιασμό της λίστας κάνοντας τη αρκετά μικρή και εύκολα διαχειρίσιμη. Τα βήματα που απαιτούνται για την δημιουργία της λίστας περιγράφονται παρακάτω:
1. Στο σημείο της λίστας ασθενών επιλέγεται η τροχαλία και έπειτα create new list.
 2. Στην πρώτη γραμμή, γράφεται το όνομα της εγγραφής που θα χρησιμοποιηθεί ως φίλτρο. Το σύστημα θα βγάλει αυτόματα λίστες που ταιριάζουν σε αυτές τις εγγραφές.
 3. Στο δεύτερο πεδίο, γράφεται το όνομα του πεδίου που θα εμφανιστεί από αυτή την εγγραφή (πχ όνομα ή ID).
 4. Για να οριστεί η ενέργεια που θα κάνει το φίλτρο, επιλέγεται ένα filter operator και μία τιμή για αυτό. Το filter operator λειτουργεί όπως το ρήμα σε μία πρόταση.
 5. Εισάγονται μερικές γραμμές ακόμη αν αυτό είναι απαραίτητο.
 6. Αν υπάρχουν πολλά φίλτρα μπορούν να τα συνδυαστούν με λογική (and or κλπ).
 7. Επιλέγονται τα πεδία που θα εμφανιστούν για κάθε κατηγορία.
 8. Δίνεται όνομα στη λίστα.
 9. Αποθήκευση της λίστας.

Οι λίστες μπορούν και να διαγραφούν ή να γίνει επεξεργασία σε αυτές. Επίσης το salesforce παρέχει την δυνατότητα δημιουργίας με το λεγόμενο Einstein Analytics.

2.2.3 Particle IoT Platform

Το Particle αποτελεί μια IoT πλατφόρμα η οποία δίνει την δυνατότητα σε κάποιον πελάτη να δημιουργήσει το δικό του IoT στόλο προϊόντων και υπηρεσιών. Του προσφέρει υλικό (hardware), λογισμικό (software) και συνδεσιμότητα (connectivity) για να πετύχει τον στόχο του σε αντίθεση με αρκετές εταιρίες οι οποίες προσφέρουν μόνο ένα από αυτά. Αρχικά προσφέρει το απαραίτητο hardware το οποίο συνδέεται στο Internet μέσα σε λίγα λεπτά μέσω Wi-Fi, κυψελοειδών δικτύων 2G/3G/LTE (cellular networks) ή δικτύων πλέγματος (mesh networks). Έπειτα, με τα εργαλεία ανάπτυξης λογισμικού που υπάρχουν το Particle βοηθάει τον πελάτη να γράψει το software για να κάνει τα προϊόντα του να λειτουργήσουν στο IoT. Και τέλος, με το cloud του Particle (Device Cloud) ο πελάτης μπορεί να έχει πλήρη έλεγχο του δικτύου προϊόντων το οποίο αναλαμβάνει την ασφάλεια (security), την επεκτασιμότητα των συσκευών (scalability) και την αξιοπιστία (reliability). Για την συνδεσιμότητα στο cloud έχει αναπτυχθεί ένα ελαφρύ λειτουργικό σύστημα για τις IoT συσκευές, το Device OS. Το Particle χρησιμοποιούν 140000 χρήστες σε 170 χώρες παγκοσμίως και διαχειρίζεται 500000 συσκευές που στέλνουν δισεκατομμύρια μηνύματα κάθε μήνα. Σύμφωνα με την παγκόσμια εταιρία δεδομένων (International Data Corporation) το Particle έχει τον μεγαλύτερο αριθμό ικανοποιημένων πελατών από κάθε άλλη IoT πλατφόρμα για αυτό και 8500 εταιρίες έχουν δημιουργηθεί με το Particle.

Hardware: Multiple Modules

- Μονάδα E Series: Η μονάδα E Series χρησιμοποιείται για την δημιουργία προϊόντων που να είναι συνδεδεμένα σε ένα cellular δίκτυο διαθέσιμη σε LTE και 3G. Έχει σχεδιαστεί για μεγάλης κλίμακας βιομηχανική παραγωγή και ενσωμάτωση και είναι διαθέσιμη σε πάνω από 100 χώρες σε όλο τον κόσμο. Αξίζει να σημειωθεί ότι μπορεί να φορτίζει από USB ή από μπαταρία ιόντων λιθίου πολυμερούς (LiPo) ενώ σημαντικά χαρακτηριστικά είναι επίσης:
 - 120MHz microcontroller
 - 1MB flash memory, 128KB RAM
 - Real-time operation system (RTOS)

Με την E SERIES η εταιρία Jacuzzi κατάφερε μέσα σε 6 μήνες να βγάλει στην αγορά ένα έξυπνο τζακούζι στο οποίο ο χρήστης με την εφαρμογή SmartTub μπορεί να έχει πλήρη έλεγχο.

- Υπολογισμός ενεργειακής χρήσης
- Έλεγχος υγείας του τζακούζι
- Έλεγχος της θερμοκρασίας
- Διαχείριση των ρευμάτων του τζακούζι
- Επικοινωνία για υπηρεσίες service

- Υπενθυμίσεις για συντήρηση
- Μονάδα Boron: Η Boron είναι μια LTE μονάδα για κατασκευή πρωτοτύπων η οποία μπορεί να δράσει σαν ένα standalone cellular endpoint ή ως ένα ενεργοποιημένο LTE gateway για το mesh δίκτυο του Particle. Έχει εγκατεστημένο κύκλωμα φόρτισης μπαταρίας ώστε να είναι εύκολη η σύνδεση μπαταριών LiPo και να λειτουργήσει το δίκτυο σε μερικά λεπτά. Μερικά χαρακτηριστικά της Boron είναι:
 - ARM Cortex-M4F 32-bit processor @ 64MHz
 - 1MB flash memory, 256KB RAM
 - Bluetooth 5
 - Dual SIM
 - PCB Κεραία πάνω στην πλακέτα
- Μονάδα Argon: Η Argon αποτελεί Wi-Fi πλακέτα κατασκευή πρωτοτύπων που δρα ως Wi-Fi endpoint ή Wi-Fi gateway για mesh δίκτυα του Particle με υποστήριξη Device OS και Device Cloud. Είναι κατάλληλη για να συνδέονται υπάρχοντα projects στο Particle Device Cloud και διαθέτει κύκλωμα φόρτισης μπαταρίας ώστε να είναι εύκολη η σύνδεση μπαταριών LiPro και να λειτουργήσει το δίκτυο σε μερικά λεπτά. Κύρια χαρακτηριστικά:
 - Υποστηρίζει τα πρότυπα 802.11 b/g/n
 - Το 802.11n σε συχνότητα 2,4 GHz μέχρι 150Mbps
 - ARM Cortex-M4F 32-bit processor @ 64MHz
 - 1MB flash memory, 256KB RAM
 - IEEE 802.15.4-2006: 250 Kbps
 - Bluetooth 5
 - PCB Κεραία πάνω στην πλακέτα
- Μονάδα A Series: Η μονάδα A Series αν και δεν είναι ολοκληρωμένη θα είναι για το στάδιο της παραγωγής και θα είναι και αυτή εφοδιασμένη με Device OS και Device Cloud και δυνατότητα σύνδεσης σε mesh network.
- Μονάδα Xenon: Όπως προαναφέρθηκε οι μονάδες που χρησιμοποιούνται και για δικτυωτά δίκτυα είναι οι Argon , Boron, A Series και B Series. Εκτός από αυτές υπάρχει και η μονάδα Xenon. Η Xenon είναι μια μονάδα χαμηλού κόστους που μπορεί να λειτουργήσει ως endpoint ή ακόμα και ως repeater μέσα σε ένα Particle mesh δίκτυο. Και εδώ υπάρχει δυνατότητα για LiPo μπαταρίες ενώ είναι κατάλληλη για σύνδεση με αισθητήρες , κινητήρες , αντλίες και γενικά αντικείμενα που μπορούν αν προσφέρουν δεδομένα. Συνδυάζεται με τα gateway των Argon ή Boron ώστε να γίνεται εισαγωγή των δεδομένων στο Device Cloud. Κύρια χαρακτηριστικά:
 - ARM Cortex-M4F 32-bit processor @ 64MHz
 - 1MB flash memory, 256KB RAM
 - Bluetooth 5
 - IEEE 802.15.4-2006: 250 Kbps

Software: Device OS

Το Device OS ουσιαστικά είναι ένα programming framework το οποίο βοηθάει τον χρήστη να γράφει εφαρμογές για να τρέξει στα προϊόντα του. Δουλεύει σαν λειτουργικό σύστημα για τις συσκευές του Particle ώστε να μπορούν να διαχειρίζονται καλύτερα από τον χρήστη. Βασικές διαδικασίες για το Device OS περιλαμβάνουν:

- Ασφαλή επικοινωνία – Διασφαλίζει ότι η επικοινωνία μεταξύ των συσκευών και του Particle cloud γίνεται κρυπτογραφημένα με ασφάλεια .
- Αφαιρετικότητα στο hardware- Παρέχει ένα ενιαίο interface στις συσκευές ανεξαρτήτως της αρχιτεκτονικής που βρίσκεται στο υλικό (hardware).
- Διευκόλυνση εφαρμογών- Μέσω API οι χρήστες έχουν την δυνατότητα να γράψουν τις εφαρμογές που θέλουν για τις συσκευές τους.
- Γρήγορα updates- Επιτρέπει γρήγορες απομακρυσμένες αλλαγές στον κώδικα που τρέχει στις συσκευές.

Τον κώδικα του Device OS τον έχει γράψει η ομάδα του Particle η οποία είναι και υπεύθυνη για την συντήρηση του ώστε να μην χρειάζεται ο χρήστης να ανησυχεί για τις συμπεριφορές χαμηλού επιπέδου των συσκευών. Βέβαια, ο κώδικας είναι open source και έτσι μπορεί ο καθένας που θέλει να συνεισφέρει να έχει πρόσβαση μέσω GitHub. Έχουν αναπτυχθεί επίσης αρκετά εργαλεία για τους developers ώστε να μπορούν να δημιουργήσουν εφαρμογές γρήγορα και με πολλές δυνατότητες. Το Particle Build είναι ένα Web IDE στο οποίο μπορεί να γίνει ανάπτυξη λογισμικού σε μια εύκολης χρήσης web εφαρμογή απλά μέσω ενός browser. Το Particle Dev είναι ένα Desktop IDE που επιτρέπει την εργασία με αντίγραφα των αρχείων που αναπτύσσονται. Είναι αναγκαία η πρόσβαση στο Internet αφού τα αρχεία στέλνονται στο Particle Device Cloud για compilation και γυρνάνε ως binary. Να σημειωθεί ότι το Particle Dev δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να προγραμματίσει τις συσκευές με μονάδες 3ης γενιάς όπως τις Argon , Boron και Xenon. Γι'αυτό τον σκοπό αναπτύχθηκε το Particle Workbench , που παρέχει ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης λογισμικού αλλά και cloud compiling , τοπικό compiling και source-level debugging. Τέλος υπάρχει και το command line εργαλείο Particle CLI το οποίο χρησιμοποιεί Node.js και μπορεί να τρέξει σε Windows , macOS και Linux και χρησιμεύει για την αλληλεπίδραση με τις συσκευές και το Device Cloud.

2.2.4 Oracle IoT Platform

Το Oracle Internet of Things (IoT) Cloud Enterprise είναι μια ασφαλής και επεκτάσιμη πλατφόρμα που έχει δημιουργηθεί για να παρέχει στους οργανισμούς, προκειμένου να δημιουργούν και να αναπτύσσουν γρήγορα εφαρμογές IoT για την πλήρη αποτύπωση και ανάλυση των δεδομένων τους από το IoT. Επίσης, δίνει τη δυνατότητα σε οργανισμούς να βελτιώνουν και να επεκτείνουν επιχειρησιακές εφαρμογές με δεδομένα και πληροφορίες που ρέουν από συνδεδεμένες συσκευές. Το Oracle Internet of Things Cloud Enterprise παρέχει τη δυνατότητα ανάλυσης μεγάλου όγκου που σχετίζονται με το IoT, σε προσαρμόσιμη κλίμακα, από συνδεδεμένες συσκευές σε πραγματικό χρόνο. Σε εναρμόνιση με την εστίαση της Oracle σε διαφορετικούς κλάδους, το Oracle IoT Cloud Enterprise είναι κατάλληλο για περιπτώσεις χρήσης, όπως

απομακρυσμένη παρακολούθηση και συντήρηση εξοπλισμού για τον κλάδο της βιομηχανικής παραγωγής και την παρακολούθηση πόρων στον κλάδο logistics/μεταφορών. Το Oracle IoT Cloud Enterprise επιτρέπει σε οργανισμούς να συνδέονται εύκολα με συσκευές IoT, να αναλύουν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο και να ενοποιούν απρόσκοπτα εφαρμογές και επιχειρησιακές διαδικασίες με δεδομένα IoT. Προσφέρει ευέλικτες τοπολογίες για τη σύνδεση συσκευών, με τη χρήση βιβλιοθηκών client, λογισμικού πύλης ή με απευθείας χρήση API REST. Το προϊόν είναι σε υψηλό βαθμό ενοποιημένο τόσο με την πλατφόρμα Oracle Cloud Platform (PaaS) όσο και με τις υπηρεσίες Oracle SaaS, και περιλαμβάνει την υπηρεσία Oracle Business Intelligence Cloud Service, επιτρέποντας στους επιχειρησιακούς χρήστες να εκτελούν αναλύσεις βάσει επιχειρηματικής ευφυΐας στα δεδομένα του Oracle IoT Cloud Enterprise.

Πολλές από τις διαθέσιμες προτάσεις στην αγορά για το Internet of Things που εστιάζουν σε συγκεκριμένες λειτουργίες, όπως π.χ. τη συνδεσιμότητα/διαχείριση συσκευών, είναι είτε ενοποιήσεις με χρήση σιλό και στενή διασύνδεση μεταξύ μιας συσκευής και μιας επιχειρησιακής εφαρμογής, είτε χαλαρά ενοποιημένα, υπάρχοντα στοιχεία ενδιάμεσου λογισμικού (middleware) σε ένα περιβάλλον cloud τρίτου κατασκευαστή. Σε αντίθεση, το Oracle IoT Cloud Enterprise είναι μια πλατφόρμα cloud σχεδιασμένη ώστε να αξιοποιεί τις επιχειρηματικές ευκαιρίες, είτε με τη δυνατότητα προγνωστικής συντήρησης, είτε με την παρακολούθηση της διακίνησης ευπαθών ειδών, είτε με την παροχή της εξυπηρέτησης πελατών, η οποία είναι κορυφαία στην κατηγορία της. Το IoT Cloud Enterprise προσφέρει τις παρακάτω δυνατότητες:

- Σύνδεση: Αξιόπιστη και ασφαλής συλλογή δεδομένων από οποιαδήποτε συσκευή, σε οποιαδήποτε αγορά, και επίσπευση του χρόνου διάθεσης στην αγορά για την επιχείρηση, με μια ανοικτή, ασφαλή και κλιμακούμενη πλατφόρμα.
- Ανάλυση: Ανάλυση Big Data και προγνωστική ανάλυση σε πραγματικό χρόνο, παρέχοντας πληροφόρηση για δεδομένα και συμβάντα ροής από το IoT για τον προσδιορισμό νέων υπηρεσιών και τη βελτίωση της ικανοποίησης των πελατών μέσω εμπλουτισμένων επιχειρησιακών δεδομένων.
- Ενοποίηση: Χρήση ανοικτών διασυνδέσεων και ενσωματωμένων ενοποιήσεων με τις λύσεις PaaS και SaaS της Oracle, με στόχο τη μείωση του συνολικού κόστους ιδιοκτησίας για εφαρμογές και διαδικασίες που εμπλουτίζονται με δεδομένα IoT.
- Εκμάθηση: Προσδιορισμός ανωμαλιών και δημιουργία προγνωστικών μοντέλων, χρησιμοποιώντας ενσωματωμένους αλγόριθμους μηχανικής μάθησης, προσομοίωση μελλοντικών καταστάσεων και συμπεριφορών πόρων, και μετατροπή αυτών των προβλέψεων σε ένα σύνολο προτεινόμενων ενεργειών, που μπορούν να δημιουργήσουν αξία για την επιχείρηση.

Το Oracle IoT Cloud Enterprise επιτρέπει την ταχεία καινοτομία και επαλήθευση ιδεών και, στη συνέχεια, την ταχεία κλιμάκωση, όπως απαιτείται με βάση τις ανάγκες των βασισμένων στο IoT εφαρμογών. Πιο συγκεκριμένα, το Oracle Internet of Things Cloud Enterprise αντιμετωπίζει τους πιο συνήθεις προβληματισμούς στα τμήματα σε όλο το εύρος της επιχείρησης:

- **Ανάπτυξη προϊόντων:** Δημιουργία μιας προβολής σε πραγματικό χρόνο για τη χρήση προϊόντων και έγκαιρη ειδοποίηση για ενδεχόμενα θέματα που απαιτούν την εμπλοκή του προσωπικού εξυπηρέτησης, μέσω ανάλυσης σε πραγματικό χρόνο και ενοποίησης των δεδομένων IoT σε βασικές λειτουργίες ERP και διαχείρισης υπηρεσιών. Παρακολούθηση δεδομένων IoT για την ανάλυση της απόδοσης και των αστοχιών των προϊόντων, καθιστώντας δυνατή την προγνωστική διαχείριση των αναγκών συντήρησης και τον προσδιορισμό βασικών συμβάντων για ειδοποιήσεις. Επίτευξη βελτιωμένης απασχόλησης του προσωπικού εξυπηρέτησης, επιτρέποντας τον προγραμματισμό και τον καθορισμό προτεραιοτήτων με βάση τις ανάγκες, με αποτέλεσμα περισσότερο χρόνο λειτουργίας των προϊόντων, αυξημένα έσοδα και μεγαλύτερη ικανοποίηση των πελατών.
- **Λειτουργίες:** Είτε η παρακολούθηση των πόρων αποσκοπεί στη δυνατότητα εφαρμογής επιχειρηματικών μοντέλων βάσει χρήσης, είτε έχει ως στόχο την εξασφάλιση της τήρησης συμβάσεων παροχής υπηρεσιών (SLA), το Oracle IoT Cloud Enterprise διαδραματίζει ένα πολύ σημαντικό ρόλο, εξασφαλίζοντας την ασφαλή και αξιόπιστη συλλογή δεδομένων IoT, για ανάλυση και ενοποίηση σε πραγματικό χρόνο στα βασικά συστήματα της επιχείρησης, όπως ERP, μεταφορές και χρεώσεις. Η κατάσταση των πόρων παρακολουθείται σε συνεχή βάση, καθιστώντας δυνατή την έγκαιρη ειδοποίηση για προβλήματα που θα μπορούσαν να προκαλέσουν διακοπές λειτουργίας ή αποτυχία έγκαιρης παράδοσης.
- **Ανάπτυξη IT:** Η αυξανόμενη διάδοση των συνδέσεων συσκευών σε βασικά συστήματα IT μπορεί να εγείρει προβληματισμούς στον οργανισμό IT, ενδεικτικά στους τομείς της ασφάλειας, του κόστους συνδεσιμότητας, του κόστους πρώτης και ύστατης γραμμής, της κλιμάκωσης και της ενοποίησης. Οι δυνατότητες του Oracle IoT Cloud Enterprise περιλαμβάνουν την ασφαλή ανταλλαγή μηνυμάτων, τη συμμόρφωση με δοκιμασμένα, ανοικτά, βασισμένα στο cloud πρότυπα, τη σιγουριά ότι η ανάπτυξη για την επαλήθευση ιδεών μπορεί να πραγματοποιηθεί με ασφάλεια, ταχύτητα και με χαμηλό κόστος και ότι η υλοποίηση μπορεί να επιτευχθεί στην κλίμακα που απαιτείται, ανάλογα με την περίπτωση χρήσης.

Το Oracle IoT Cloud Enterprise παρέχει αρκετές επιλογές για άμεσα και έμμεσα συνδεδεμένες συσκευές, επιτρέποντας ασφαλείς, αξιόπιστες, αμφίδρομες συναλλαγές για τα δεδομένα IoT. Είναι ανεξάρτητο από τον τύπο της συσκευής, από το αν η συσκευή είναι άμεσα ή έμμεσα συνδεδεμένη και από τη μέθοδο και τη συχνότητα της

συνδεσιμότητας. Οι συνδεδεμένες, εξουσιοδοτημένες συσκευές εικονικοποιούνται εντός του Oracle IoT Cloud Enterprise, εκθέτοντας τη συσκευή ως ένα σύνολο πάντα διαθέσιμων υπηρεσιών στην εφαρμογή κατιούσας ροής, καταργώντας την ανάγκη ενασχόλησης του προγραμματιστή επιχειρησιακών εφαρμογών με τη συνδεσιμότητα ή διαθεσιμότητα των συσκευών. Οι επιλογές για τη σύνδεση συσκευών στο IoT είναι οι εξής:

- Βιβλιοθήκες client του Oracle IoT Cloud Enterprise: διαθέσιμες σε μορφή πηγαίου κώδικα και δυαδική μορφή βάσει άδειας χρήσης ανοιχτού κώδικα, αυτά τα συστατικά στοιχεία είναι διαθέσιμα στους προγραμματιστές συσκευών για συμπερίληψη εντός των εφαρμογών τους για συσκευές, επιτρέποντας την ασφαλή, αξιόπιστη συνδεσιμότητα των συσκευών τους με το Oracle IoT Cloud Enterprise. Οι βιβλιοθήκες client είναι διαθέσιμες σε πολλές διαφορετικές πλατφόρμες, συμπεριλαμβανομένων των C Posix, Windows, mbed, Java, Android, Javascript ή iOS.
- Oracle IoT Cloud Enterprise Gateway: μια έτοιμη για ανάπτυξη εφαρμογή Java SE Embedded για συσκευές κατηγορίας πύλης στις οποίες εκτελείται Java SE Embedded (περιλαμβάνεται). Η εφαρμογή παρέχει ένα πλήρες σύνολο δυνατοτήτων για αξιόπιστη και ασφαλή ανταλλαγή μηνυμάτων και περιλαμβάνει ένα πλαίσιο προσαρμογών συσκευών, ώστε να είναι δυνατή η αποτύπωση και η συνδεσιμότητα για συσκευές που δεν μπορούν να συνδεθούν απευθείας λόγω υποστήριξης πρωτοκόλλου (π.χ.: Bluetooth, ZWave, Modbus, OPC) ή για λόγους ασφαλείας.
- API RESTful: για απαιτήσεις ανάπτυξης που δεν καλύπτονται από τις βιβλιοθήκες client ή την πύλη IoT Cloud Enterprise Gateway, οι υπηρεσίες του Oracle IoT Cloud Enterprise εκτίθενται ως ένα σύνολο API RESTful.

Επιπλέον της παροχής αυτών των δωρεάν διαθέσιμων επιλογών συνδεσιμότητας, η Oracle συνεργάζεται επίσης με έναν αριθμό κατασκευαστών συσκευών και πυλών, τα προϊόντα των οποίων συμπληρώνουν το Oracle IoT Cloud Enterprise, προκειμένου να προσφέρει ολοκληρωμένες λύσεις για συγκεκριμένες αγορές και πελάτες.

Το Oracle Internet of Things Cloud Enterprise παρέχει άμεσες ενοποιήσεις με τα Oracle Mobile Cloud Enterprise, Oracle Business Intelligence Cloud Service, JD Edwards EnterpriseOne της Oracle, Oracle Big Data Cloud Service και Oracle Storage Cloud Service (δεν περιλαμβάνει συνδρομή). Επιπλέον, οι πελάτες μπορούν να συνδέονται εύκολα σε επιχειρησιακές εφαρμογές, συμπεριλαμβανομένων των Oracle E- Business Suite, Oracle Transportation Management και Oracle Service Cloud.

- 🌈 Ασφάλεια: Ως κορυφαία προτεραιότητα για την Oracle, η ασφάλεια στο Oracle IoT Cloud Enterprise έχει σχεδιαστεί εξαρχής ως αναπόσπαστο μέρος του, διευκολύνοντας τη δημιουργία ταυτοτήτων και σχέσεων αξιοπιστίας με τα

τελικά σημεία συσκευών και εφαρμογών. Τη διαχείριση του κύκλου ζωής όλων των συνδεδεμένων τελικών σημείων και συσκευών (άμεσα ή έμμεσα) αναλαμβάνει το Oracle IoT Cloud Enterprise, από την αρχική εγγραφή, στην ενεργοποίηση και μέχρι την τελική απόσυρση. Στη διάρκεια αυτής της διαδικασίας, τα τελικά σημεία καταχωρίζονται και η ταυτότητά τους ελέγχεται με μοναδικό τρόπο, σύμφωνα με πολιτικές που ορίζονται από τον χρήστη και υλοποιούνται χρησιμοποιώντας OAuth2, ενώ όλα τα μηνύματα κρυπτογραφούνται με HTTPS. Ο συνδυασμός αυτών των δυνατοτήτων με τις υποκείμενες δυνατότητες ασφάλειας του Oracle Public Cloud υλοποιεί τις προτεραιότητες ασφάλειας της Oracle για το IoT.

- Εφαρμογές (SaaS): Η Oracle προσφέρει την πιο ολοκληρωμένη, πρωτοποριακή και δοκιμασμένη σουίτα cloud με εφαρμογές SaaS, που επιτρέπουν στους πελάτες να μεταμορφώσουν την επιχείρησή τους με τις πιο πρόσφατες έξυπνες τεχνολογίες, όπως η τεχνητή νοημοσύνη και η μηχανική μάθηση.
- Δεδομένα (DaaS): Το Oracle Data Cloud προσφέρει δεδομένα από μια ευρεία γκάμα προελεύσεων της Oracle και τρίτων μερών, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τα τμήματα πωλήσεων και μάρκετινγκ για την παραγωγή καλύτερων επιχειρηματικών αποτελεσμάτων.
- Πλατφόρμα (PaaS): Η Oracle προσφέρει την ευρύτερη γκάμα υπηρεσιών PaaS στον κλάδο, οι οποίες επιτρέπουν στους προγραμματιστές, τους επαγγελματίες IT και τους επιχειρηματικούς ηγέτες να αναπτύξουν, να επεκτείνουν και να προστατεύουν εφαρμογές που αξιοποιούν σύνθετες αναλύσεις.
- Υποδομή (IaaS): Η Oracle προσφέρει το υψηλότερης απόδοσης και χαμηλότερου κόστους IaaS στον κλάδο, επιτρέποντας στους πελάτες να εκτελούν τους δικούς τους φόρτους εργασίας εφαρμογών στο Oracle Cloud.

Η πλήρης σουίτα της Oracle έχει δομηθεί σε ένα ενιαίο μοντέλο δεδομένων που συνδέει ολοκληρωμένες επιχειρηματικές διαδικασίες και βοηθά τους πελάτες να μεταμορφώσουν την επιχείρησή τους με ευφυΐα, ενώ ενισχύει όλα τα μεγέθη εταιρειών από τις νεοσύστατες έως τις πολυεθνικές επιχειρήσεις. Η επιλογή μπορεί να γίνει από ένα σύνολο περισσότερων από 1.000 εφαρμογών cloud, που έχουν μεταφραστεί σε 35 γλώσσες και χρησιμοποιούνται σε 175 χώρες, ενώ υποστηρίζονται από 40.000 προγραμματιστές cloud και πάνω από 17.000 ευρεσιτεχνίες τεχνολογίας. Με την επιστήμη λήψης αποφάσεων και την εκμάθηση μηχανής ενσωματωμένα απευθείας στις επιχειρηματικές διεργασίες, οι επιχειρηματικοί ηγέτες μπορούν να εστιάζουν στη διαχείριση των επιχειρηματικών τους αποτελεσμάτων περισσότερο, παρά στη διαχείριση της νέας τεχνολογίας. Μερικά παραδείγματα είναι οι δυναμικές προβλέψεις ζήτησης (SCM), οι εξατομικευμένες προσφορές (CX), τα προσαρμοστικά σήματα αγορών (ERP) και οι ιδανικοί υποψήφιοι (HCM). Υπάρχει η δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν οι διαθέσιμες λύσεις Internet of Things (IoT) στο cloud, για να ενισχυθεί η αξία της υπάρχουσας επιχειρηματικής εφαρμογής με ευφυή δεδομένα και προγνωστικές αναλύσεις. Επίσης, μπορούν να αξιοποιηθούν οι εφαρμογές της Oracle για κινητά με σκοπό τη διαχείριση της επιχειρηματικής δραστηριότητας και την αύξηση

της παραγωγικότητας, βελτιώνοντας παράλληλα την ισορροπία προσωπικής-επαγγελματικής ζωής των υπαλλήλων μέσω της ευελιξίας θέσης τους.

Πάνω από 25.000 επιχειρηματικοί πελάτες βασίζονται κάθε ημέρα στο cloud της Oracle – περισσότεροι από 29 εκατομμύρια χρήστες ενεργοί κάθε εβδομάδα και περισσότερες από 57 δισεκατομμύρια συναλλαγές ημερησίως. Η Oracle σχεδιάστηκε ώστε να είναι ασφαλής σε κάθε επίπεδο –πρόσβαση βάσει ρόλων, καθολικοί έλεγχοι πρόσβασης, δημιουργία αντιγράφων ασφαλείας και πλεονασμός, τοπική διατήρηση δεδομένων, 24x7 διαθεσιμότητα ειδικών ασφάλειας της Oracle, συστήματα ασφάλειας mantrap στα κέντρα δεδομένων, βιομετρικά αναγνωριστικά.

Oracle IoT Cloud Service

Το Διαδίκτυο των πραγμάτων ενσωματώνει διάφορες τεχνολογίες, όπως κινητά, σύννεφα, μεγάλα δεδομένα και αναλυτικά στοιχεία, και συνδέει αντικείμενα καθημερινής ζωής μεταξύ τους και στο Διαδίκτυο. Το Oracle Internet of Things Cloud Service απλοποιεί το IoT έτσι ώστε να μπορέσει να αφομοιωθεί γρήγορα το IoT στην ψηφιακή στρατηγική της επιχείρησης και να δημιουργηθούν καινοτόμες υπηρεσίες με λιγότερους κινδύνους. Η ενσωμάτωση με τις υπάρχουσες εφαρμογές και τις διαδικασίες είναι το κλειδί για μια επιτυχημένη στρατηγική IoT. Το Oracle Internet of Things Cloud Service κάνει αυτή την ενοποίηση να είναι εύκολη και αποτελεσματική.

Η διαχείριση και η ανάλυση του τεράστιου όγκου δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, που παράγονται από όλες τις συσκευές που συνδέονται με το IoT, απαιτεί μια πολύπλευρη αλλά ισχυρή λύση IoT. Το Oracle Internet of Things Cloud Service παρέχει εργαλεία ανάλυσης σε πραγματικό χρόνο που επιτρέπουν τη συσχέτιση, τη συγκέντρωση και το φιλτράρισμα εισερχόμενων ροών δεδομένων. Παρέχει επίσης ολοκληρωμένες ενσωματώσεις που επιτρέπουν τον αυτόματο συγχρονισμό των ροών δεδομένων με την Υπηρεσία Cloud Service της Oracle Business Intelligence. Διευκολύνει την ασφαλή και αξιόπιστη αμφίδρομη επικοινωνία μεταξύ των συσκευών IoT και του cloud. Οι συσκευές μπορούν να συνδεθούν απευθείας στο νέφος ή έμμεσα μέσω μιας πύλης. Το Oracle Internet of Things Cloud Service αναθέτει μια μοναδική ψηφιακή ταυτότητα σε κάθε συσκευή για να δημιουργήσει σχέσεις εμπιστοσύνης μεταξύ συσκευών και εφαρμογών. Επιβάλλει επίσης την εξακρίβωση της ταυτότητας και την εξουσιοδότηση για την ασφάλεια επικοινωνίας από άκρο σε άκρο και την εξασφάλιση της απόδειξης της προέλευσης των δεδομένων. Χρησιμοποιεί μια λειτουργία πολλαπλών πρωτοκόλλων που επιτρέπει στο χρήστη να απευθυνθεί απευθείας σε οποιαδήποτε συσκευή που είναι συνδεδεμένη στο cloud, ανεξάρτητα από τους περιορισμούς του πρωτοκόλλου δικτύου και του τείχους προστασίας. Παρέχει επίσης αξιόπιστη επικοινωνία μεταξύ του cloud και των συσκευών, ακόμα και σε αναξιόπιστα δίκτυα ή με συσκευές που συνδέονται με διαλείμματα.

Ακολούθως είναι διαθέσιμη η πρόσβαση στα δεδομένα και τις λειτουργίες του Oracle Internet of Things Cloud Service από τις επιχειρησιακές εφαρμογές, χρησιμοποιώντας τα API REST. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ασφαλή ενσωμάτωση των συνδεδεμένων συσκευών με τις επιχειρησιακές εφαρμογές.

Υποστηριζόμενα προγράμματα περιήγησης

Η κονσόλα διαχείρισης της υπηρεσίας Oracle IoT Cloud Service υποστηρίζεται σε πολλές πλατφόρμες web browser. Υποστήριξη παρέχεται από την Oracle σε όλες τις πλατφόρμες, για τις οποίες ο προμηθευτής του προγράμματος περιήγησης παρέχει υποστήριξη. Για τα λειτουργικά συστήματα και για κινητές συσκευές, η Oracle παρέχει υποστήριξη για το πιο πρόσφατο πρόγραμμα περιήγησης που παρέχεται μόνο από το λειτουργικό σύστημα συσκευής.

- Λειτουργία συμβατότητας: Για προγράμματα περιήγησης των Windows υποστηρίζεται μόνο η λειτουργία Native. Η λειτουργία συμβατότητας πρέπει να απενεργοποιηθεί.
- Γλώσσες RTL: Η υποστήριξη για γλώσσες RTL (από δεξιά προς τα αριστερά), όπως τα αραβικά ή τα εβραϊκά, είναι διαθέσιμη με τις υποστηριζόμενες εκδόσεις του προγράμματος περιήγησης των Windows, του Firefox, του Safari και του Chrome.
- JavaScript: Η υποστήριξη JavaScript πρέπει να είναι ενεργοποιημένη.
- Doctype: Για να χρησιμοποιηθεί η Κονσόλα διαχείρισης Oracle IoT Cloud Service στον Microsoft Internet Explorer, απαιτείται ένα doctype.

Πρόσβαση στο Oracle IoT Cloud Service

Αυτή η διαδικασία προϋποθέτει ότι τη δημιουργία της υπηρεσίας Oracle Internet of Things Cloud Service:

1. Για τη σύνδεση στο Oracle Cloud:
 - i. Ανοίγμα προγράμματος περιήγησης και είσοδος στο <http://cloud.oracle.com>.
 - ii. Επιλογή Sign In.
 - iii. Επιλογή Traditional Cloud Account στην πρώτη λίστα, εκτός εάν υπάρχει ενημερωθεί μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου ή από έναν εκπρόσωπο πωλήσεων της Oracle ότι χρησιμοποιείται ένας λογαριασμός Cloud με την Υπηρεσία Cloud Identity Cloud (IDCS).
 - iv. Επιλογή Data Center, όπου οι υπηρεσίες βρίσκονται στη λίστα Select Data Center.
 - v. Επιλογή My Services.

- vi. Εισαγωγή τομέα ταυτότητας που υπάρχει στο εισερχόμενο email και, στη συνέχεια, κλικ στο πλήκτρο GO.
 - vii. Εισαγωγή ονόματος χρήστη και κωδικού πρόσβασής και, στη συνέχεια, κλικ στην επιλογή Sing In.
 2. Στη λίστα Cloud Services, από το εικονίδιο Menu() επιλογή IoT Enterprise και, στη συνέχεια, επιλογή Open Service Console. Αν το IoT Enterprise δεν περιλαμβάνεται στη λίστα, κλικ στην επιλογή Customize Dashboard, ώστε να μεταβεί στην επιλογή IoT Enterprise, κλικ στην επιλογή Show και, στη συνέχεια, κλείσιμο παραθύρου διαλόγου.
 3. Κλικ στην επιλογή Go to Console, αν αυτή είναι η πρώτη φορά που γίνεται πρόσβαση στο Oracle Cloud.

2.2.5 Arduino – Ubidots Platform

Το Arduino είναι μια ηλεκτρονική πλατφόρμα ανοιχτού κώδικα βασισμένη σε εύχρηστο υλικό και λογισμικό. Οι πλακέτες Arduino μπορούν να διαβάσουν εισόδους - το φως σε έναν αισθητήρα, ένα δάκτυλο σε ένα κουμπί ή ένα μήνυμα Twitter - και να τις μετατρέψουν σε έξοδο - ενεργοποιώντας έναν κινητήρα, ενεργοποιώντας ένα LED, δημοσιεύοντας κάτι στο διαδίκτυο. Μπορείτε να πείτε στο συμβούλιο σας τι πρέπει να κάνετε στέλνοντας ένα σύνολο οδηγιών στον μικροελεγκτή του πίνακα. Για να γίνει αυτό, χρησιμοποιείται η γλώσσα προγραμματισμού Arduino (με βάση την καλωδίωση) και το λογισμικό Arduino (IDE), με βάση την επεξεργασία.

Με τα χρόνια το Arduino ήταν ο εγκέφαλος χιλιάδων έργων, από τα καθημερινά αντικείμενα έως τα σύνθετα επιστημονικά όργανα. Μια παγκόσμια κοινότητα δημιουργών - φοιτητές, χομπίστες, καλλιτέχνες, προγραμματιστές και επαγγελματίες - έχει συγκεντρωθεί γύρω από αυτή την πλατφόρμα ανοιχτού κώδικα, και οι συνεισφορές τους έχουν προστεθεί σε μια μεγάλη ποσότητα προσβάσιμης γνώσης που μπορεί να βοηθήσει πολύ τόσο τους αρχάριους όσο και τους ειδικούς.

Το Arduino γεννήθηκε στο Ivrea Interaction Design Institute ως ένα εύκολο εργαλείο για γρήγορη δημιουργία πρωτοτύπων, που απευθύνεται σε φοιτητές χωρίς ιστορικό ηλεκτρονικών γνώσεων και προγραμματισμού. Μόλις έφτασε σε μια ευρύτερη κοινότητα, η πλακέτα Arduino άρχισε να αλλάζει για να προσαρμοστεί στις νέες ανάγκες και προκλήσεις, διαφοροποιώντας την προσφορά της από απλές κάρτες 8-bit σε προϊόντα για εφαρμογές IoT, wearable, 3D εκτύπωση και ενσωματωμένα περιβάλλοντα. Όλες οι πλακέτες Arduino είναι εντελώς ανοιχτού κώδικα, επιτρέποντας στους χρήστες να τις κατασκευάζουν ανεξάρτητα και τελικά να τις προσαρμόζουν στις ιδιαίτερες ανάγκες τους. Το λογισμικό επίσης είναι ανοικτού κώδικα και αυξάνεται μέσω των συνεισφορών των χρηστών παγκοσμίως.



Χάρη στην απλότητά του, το Arduino έχει χρησιμοποιηθεί σε χιλιάδες διαφορετικά έργα και εφαρμογές. Το λογισμικό Arduino είναι εύκολο στη χρήση για αρχάριους, αλλά και αρκετά ευέλικτο για τους προχωρημένους χρήστες. Λειτουργεί σε Mac, Windows και Linux. Οι εκπαιδευτικοί και οι φοιτητές το χρησιμοποιούν για να κατασκευάσουν επιστημονικά έργα χαμηλού κόστους, να αποδείξουν τις αρχές της χημείας και της φυσικής, ή να ξεκινήσουν τον προγραμματισμό και τη ρομποτική. Οι σχεδιαστές και οι αρχιτέκτονες κατασκευάζουν διαδραστικά πρωτότυπα, ενώ μουσικοί και καλλιτέχνες το χρησιμοποιούν για να πειραματίζονται με νέα μουσικά όργανα. Οι κατασκευαστές, το χρησιμοποιούν για να κατασκευάσουν πολλά από τα έργα που εκτίθενται στο Maker Faire, για παράδειγμα.

Υπάρχουν πολλοί άλλοι μικροελεγκτές και πλατφόρμες μικροελεγκτών που είναι διαθέσιμοι για φυσικούς υπολογιστές. Το Parallax Basic Stamp, το BX-24 της Netmedia, τα Phidgets, το Handyboard του MIT και πολλά άλλα προσφέρουν παρόμοια λειτουργικότητα. Όλα αυτά τα εργαλεία παίρνουν τις δύσκολες πτυχές του προγραμματισμού των μικροελεγκτών και το μετατρέπουν σε ένα εύκολο στη χρήση πακέτο. Το Arduino απλοποιεί επίσης τη διαδικασία εργασίας με μικροελεγκτές, αλλά προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα για τους εκπαιδευτικούς, τους μαθητές και τους ενδιαφερόμενους ερασιτέχνες έναντι άλλων συστημάτων:


- Χαμηλού Κόστους: Οι πλακέτες Arduino είναι σχετικά φθηνές σε σύγκριση με άλλες πλατφόρμες μικροελεγκτών. Η λιγότερο δαπανηρή έκδοση της μονάδας Arduino μπορεί να συναρμολογηθεί με το χέρι και ακόμη και οι προ-συναρμολογημένες μονάδες Arduino κοστίζουν λιγότερο από \$ 50
- Διαλειτουργικότητα: Το λογισμικό Arduino (IDE) λειτουργεί σε λειτουργικά συστήματα Windows, Macintosh OSX και Linux. Τα περισσότερα συστήματα μικροελεγκτών περιορίζονται στα Windows.
- Απλό, σαφές περιβάλλον προγραμματισμού: Το λογισμικό Arduino (IDE) είναι εύκολο στη χρήση για αρχάριους, αλλά αρκετά ευέλικτο για να μπορούν να επωφεληθούν και οι προηγμένοι χρήστες. Για τους δασκάλους, είναι βολικά βασισμένο στο περιβάλλον προγραμματισμού επεξεργασίας, έτσι ώστε οι μαθητές που μαθαίνουν να προγραμματίζουν σε αυτό το περιβάλλον θα είναι εξοικειωμένοι με τον τρόπο λειτουργίας του IDE του Arduino.
- Λογισμικό ανοιχτού κώδικα και επεκτάσιμο λογισμικό: Το λογισμικό Arduino δημοσιεύεται ως εργαλείο ανοιχτού κώδικα, που διατίθεται για επέκταση από έμπειρους προγραμματιστές. Η γλώσσα μπορεί να επεκταθεί μέσω των βιβλιοθηκών C ++ και οι άνθρωποι που θέλουν να κατανοήσουν τις τεχνικές λεπτομέρειες μπορούν να κάνουν το άλμα από το Arduino στη γλώσσα προγραμματισμού AVR C στην οποία βασίζεται. Ομοίως, μπορεί να προστεθεί ο κώδικας AVR-C απευθείας στα προγράμματα Arduino.
- Ανοιχτό και επεκτάσιμο υλικό: Τα σχέδια των διοικητικών συμβουλίων του Arduino δημοσιεύονται με άδεια Creative Commons, έτσι οι έμπειροι σχεδιαστές κυκλωμάτων μπορούν να δημιουργήσουν τη δική τους έκδοση της

ενότητας, να την επεκτείνουν και να την βελτιώσουν. Ακόμη και σχετικά άπειροι χρήστες μπορούν να χτίσουν την έκδοση breadboard της μονάδας για να καταλάβουν πώς λειτουργεί και να εξοικονομήσουν χρήματα.

Η λήψη του Arduino IDE γίνεται μέσα από την ιστοσελίδα www.arduino.cc. Στη συνέχεια, στην καρτέλα “Software” και στο σημείο που λέει “Download the Arduino IDE” επιλέγεται το εκτελέσιμο αρχείο της εφαρμογής αναλόγως με το λειτουργικό σύστημα που έχει ο υπολογιστής στον οποίο θα το εγκατασταθεί. Στα Windows επιλέγεται λειτουργικό σύστημα από windows XP και πάνω. Το Arduino IDE είναι ένα λογισμικό ανοιχτού κώδικά κι έτσι ένα μεγάλο ποσοστό των εξόδων του καλύπτεται από δωρεές. Σε αυτή την καρτέλα δίνει τη δυνατότητα σε όποιον επιθυμεί να συμβάλλει με μια δωρεά ή απλώς να κατεβάσει το λογισμικό πατώντας “Just Download”. Στη συνέχεια ζητάει να επιλεγθεί πού θα αποθηκευτεί το εκτελέσιμο αρχείο του λογισμικού. Με την επιτυχή εγκατάσταση του λογισμικού, ανοίγει το Arduino IDE στο οποίο υπάρχουν δυο βασικές συναρτήσεις. Η συνάρτηση setup τοποθετείται στην αρχή του κώδικα για να δηλώνονται οι μεταβλητές, τα pins του Arduino που θα χρησιμοποιηθούν, για να ξεκινήσουν να εκτελούνται οι βιβλιοθήκες κτλ . Η setup συνάρτηση εκτελείται μόνο μια φορά όταν ζητηθεί να εκτελεστεί το πρόγραμμα. Η συνάρτηση loop υπάρχει ακριβώς μετά τη setup μέσα στην οποία δηλώνονται οι ενέργειες που θα κάνει το πρόγραμμα. Σε αντίθεση με τη setup, η loop εκτελείται συνεχώς. Για να φορτωθεί το πρόγραμμα από το πρόγραμμα στον μικροελεγκτή:


- i. Ο κώδικας μεταγλωττίζεται και ελέγχεται για τυχόν συντακτικά λάθη και οι βιβλιοθήκες καλούνται σωστά επιλέγοντας από το μενού Επικύρωση-Verify (κουμπί ).
- ii. Επιλέγεται από το μενού Εργαλεία -> Πλακέτα -> Arduino/Genuino Uno (ή αναλόγως κάποιον άλλο μικροελεγκτή). Επίσης, στο μενού Εργαλεία επιλέγεται όποια Θύρα-Port είναι ενεργή.
- iii. Τέλος επιλέγεται Μεταφόρτωση – Upload (κουμπί ) ώστε να φορτωθεί ο κώδικας στον Arduino μικροελεγκτή.

Οι κυριότερες πλακέτες του Arduino είναι οι εξής:

-  **Arduino UNO:** Για έναν αρχάριο χρήστη, το Arduino UNO είναι η πιο κατάλληλη πλακέτα με την οποία μπορεί να αρχίσει να πειραματίζεται. Το Arduino Uno είναι μία πλακέτα μικροελεγκτών που βασίζεται στο ATmega328P. Διαθέτει 14 ψηφιακές ακίδες εισόδου / εξόδου (από τις οποίες 6 μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως έξοδο PWM), 6 αναλογικές εισόδους, κρυστάλλων quartz 16 MHz, σύνδεση USB, υποδοχή τροφοδοσίας, κεφαλίδα ICSP και κουμπί επαναφοράς. Περιέχει όλα τα απαραίτητα για την υποστήριξη του μικροελεγκτή. απλά συνδέεται με έναν υπολογιστή με καλώδιο USB ή

τροφοδοτείται με έναν προσαρμογέα AC ή DC ή μπαταρία. Το "Uno" σημαίνει ένα στην ιταλική γλώσσα και επιλέχθηκε για να σηματοδοτήσει την κυκλοφορία του λογισμικού Arduino (IDE) 1.0. Ο πίνακας Uno και η έκδοση 1.0 του λογισμικού Arduino (IDE) ήταν οι εκδόσεις αναφοράς του Arduino, οι οποίες τώρα εξελίχθηκαν σε νεότερες εκδόσεις. Η πλακέτα Uno είναι η πρώτη σε μια σειρά από πλακέτες USB Arduino. Χαρακτηριστικά:

- Microcontroller: ATmega328P
- Αρχιτεκτονική: AVR
- Operating Voltage: 5 V
- Μνήμη: 32 KB εκ των οποίων 0,5 KB χρησιμοποιούνται για την ενεργοποίηση
- SRAM: 2 KB
- Clock Speed: 16 MHz
- Αναλογικά IN Pins: 6
- EEPROM: 1 KB
- DC Current per I/O Pins: 20 mA (I/O Pins)
- Input Voltage: 6-20 V
- Digital I/O Pins: 14 (6 εκ των οποίων είναι PWM)
- Κατανάλωση ενέργειας: 20 mA
- PCB Μέγεθος: 18 x 45 mm
- Βάρος: 25 g

 Arduino Mega: Το Arduino MEGA έχει σχεδιαστεί για πιο περίπλοκα έργα. Με 54 ψηφιακούς ακροδέκτες εισόδου / εξόδου, 16 αναλογικές εισόδους και μεγαλύτερο χώρο, είναι κατάλληλη για 3D εκτυπωτές και ρομποτικές εφαρμογές. Το Arduino Mega 2560 είναι μία πλακέτα μικροελεγκτών που βασίζεται στο ATmega2560. Διαθέτει 54 ψηφιακές ακίδες εισόδου / εξόδου (από τις οποίες 15 μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως έξοδος PWM), 16 αναλογικές εισόδους, 4 UART (σειριακές θύρες υλικού), ταλαντωτή κρυστάλλου 16 MHz, σύνδεση USB, υποδοχή τροφοδοσίας, και ένα κουμπί επαναφοράς. Περιέχει όλα τα απαραίτητα για την υποστήριξη του μικροελεγκτή. απλά συνδέεται με έναν υπολογιστή με καλώδιο USB ή ενεργοποιείται με προσαρμογέα AC ή DC ή μπαταρία. Ο πίνακας Mega 2560 είναι συμβατός με τις περισσότερες πλακέτες που έχουν σχεδιαστεί για το Uno και τις πρώην πλακέτες Duemilavone ή Diecimila. Χαρακτηριστικά:

- Microcontroller: ATmega2560
- Αρχιτεκτονική: AVR
- Operating Voltage: 5 V
- Μνήμη: 256 KB εκ των οποίων 8 KB χρησιμοποιούνται για την ενεργοποίηση
- SRAM: 8 KB
- Clock Speed: 16 MHz
- Αναλογικά IN Pins: 8
- EEPROM: 4 KB


- DC Current per I/O Pins: 50 mA (I/O Pins)
- Input Voltage: 6-20 V
- Digital I/O Pins: 54 (15 εκ των οποίων είναι PWM)
- Κατανάλωση ενέργειας: 20 mA
- PCB Μέγεθος: 18 x 45 mm
- Βάρος: 37 g

📌 Arduino Nano: Το Arduino Nano είναι μία μικρή, πλήρης πλακέτα με βάση το ATmega328 (Arduino Nano 3.x). Έχει κατά σχεδόν την ίδια λειτουργικότητα με το Arduino Duemilanove, αλλά σε διαφορετικό πακέτο. Δε διαθέτει πρίζα ρεύματος DC και λειτουργεί με ένα καλώδιο USB Mini-B αντί για το συνηθισμένο καλώδιο. Χαρακτηριστικά:

- Microcontroller: ATmega328
- Αρχιτεκτονική: AVR
- Operating Voltage: 5 V
- Μνήμη: 32 KB εκ των οποίων 2 KB χρησιμοποιούνται για την ενεργοποίηση
- SRAM: 2 KB
- Clock Speed: 16 MHz
- Αναλογικά IN Pins: 8
- EEPROM: 1 KB
- DC Current per I/O Pins: 40 mA (I/O Pins)
- Input Voltage: 7-12 V
- Digital I/O Pins: 22 (6 εκ των οποίων είναι PWM)
- PWM έξοδοι: 6
- Κατανάλωση ενέργειας: 19 mA
- PCB Μέγεθος: 18 x 45 mm
- Βάρος: 7 g

📌 Arduino Motor Shield: Το Arduino Motor Shield βασίζεται στο L298, το οποίο είναι ένας διπλός αμφίδρομος οδηγός που έχει σχεδιαστεί για τη μεταφορά επαγωγικών φορτίων όπως ηλεκτρονόμοι, ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες, DC και βηματικοί κινητήρες. Επιτρέπονται να μέχρι δύο μοτέρ συνεχούς ρεύματος στην πλακέτα Arduino, ελέγχοντας την ταχύτητα και την κατεύθυνση του καθενός ανεξάρτητα. Μπορεί επίσης να μετρηθεί η απορρόφηση ρεύματος του κινητήρα από κάθε κινητήρα, μεταξύ άλλων χαρακτηριστικών. Η πλακέτα είναι συμβατή με το TinkerKit, πράγμα που σημαίνει ότι μπορούν να δημιουργηθούν γρήγορα έργα, συνδέοντας τις μονάδες TinkerKit στον πλακέτα. Χαρακτηριστικά:

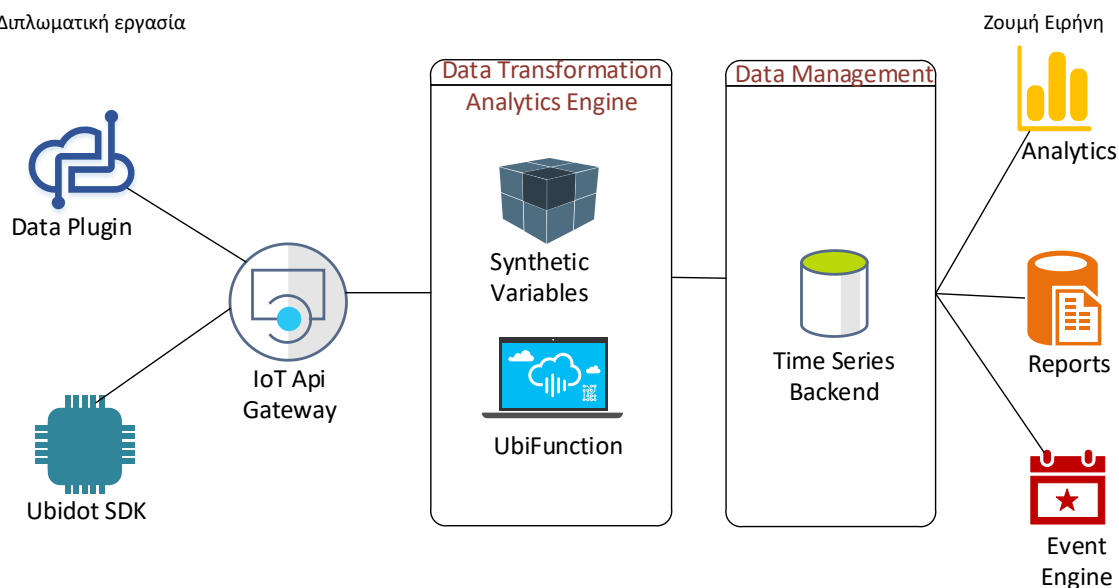
- Operating Voltage: 5V to 12V
- Motor controller: L298P, δέχεται 2 DC motors ή 1 stepper motor
- Max current: 2A ανά κανάλι ή 4A μέγιστο (με εξωτερική τροφοδοσία ρεύματος)
- Current sensing: 1.65V/A
- Λειτουργία ελεύθερης κίνησης και φρεναρίσματος.

 Arduino LilyPad: Το Arduino LilyPad έχει σχεδιαστεί για projects σχετικά με wearables. Μπορεί να ραφτεί εύκολα στο ύφασμα και παρομοίως να τοποθετηθούν επιπλέον τροφοδοτικά, αισθητήρες και ενεργοποιητές με αγωγή νήμα. Το LilyPad έχει μόνο 9 ακίδες για είσοδο / έξοδο. Επιπλέον, διαθέτει υποδοχή JST και ενσωματωμένο κύκλωμα φόρτισης για μπαταρίες λιθίου. Τέλος, βασίζεται στο ATmega328P.

Επιπλέον υπάρχουν πλακέτες επέκτασης (για επέκταση αισθητήρων, Bluetooth, WiFi κ.α.), κάθε είδους αισθητήρες (υγρασίας, θερμοκρασίας, φωτός, καπνού, μετρητές, RFID κ.α.), κουμπιά, οθόνες και άλλα αντικείμενα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τις ανάγκες του εκάστοτε έργου.

Το Ubidots, ξεκίνησε ως ιδιωτική εταιρεία μηχανικών εφαρμογών το 2012, και ειδικεύεται σε λύσεις υλικού και λογισμικού για την απομακρυσμένη παρακολούθηση, τον έλεγχο και την αυτοματοποίηση διαδικασιών για πελάτες υγειονομικής περίθαλψης σε χρηματοδοτούμενες startups εταιρείες στην Νοτιοανατολική Αμερική και σε ολόκληρη τη Λατινική Αμερική. Από το 2012 έως το 2014, η Ubidots επέκτεινε τις βιομηχανίες υποστήριξης και πραγματοποίησε αμέτρητα έργα που συνδέονται με το Διαδίκτυο και την υγειονομική περίθαλψη, την ενέργεια και τις κατασκευές, τις μεταφορές και το εμπόριο καθώς και την εκμάθηση των πολλών μικρών χαρακτηριστικών του IoT και του Cloud. Το Ubidots εντάχθηκε στο Boston MassChallenge Accelerator το 2014, και αποτελεί ένα παγκόσμιο προϊόν που βασίζεται στο cloud IoT startup, κερδίζοντας την αμερικανική επιχειρηματικότητα και υποστήριξη και αφήνοντας πίσω τοπικές υπηρεσίες. Το 2018, το Ubidots δημιούργησε την πλατφόρμα Ubidots for Education για να δώσει την ευκαιρία στους σπουδαστές του IoT να φτιάξουν, να αναπτύξουν, να δοκιμάσουν, να μάθουν και να εξερευνήσουν το μέλλον των εφαρμογών και των λύσεων που συνδέονται με το IoT.

Η αρχιτεκτονική της πλατφόρμας παρουσιάζεται στο σχήμα που ακολουθεί:



Εικόνα 2 Αρχιτεκτονική της πλατφόρμας Ubidots

- Data plugin: Ο χρήστης μπορεί να δημιουργήσει εξατομικευμένα APIs, να χρησιμοποιήσει ένα Node.js cloud για να τα επεξεργαστεί ή να χρησιμοποιήσει συναρτήσεις Get και Post του HTTP ώστε να ενισχύσει τη συνδεσιμότητα των δεδομένων πέρα από τα όρια της αρχιτεκτονικής της πλατφόρμας. Παράλληλα μπορεί να επεκτείνει την παρακολούθηση των συσκευών ενσωματώνοντας APIs άλλων εταιρειών όπως το Weather Underground, το IBM Watson, τα Locations, το Zapier, και άλλα.
- Ubidot SDK: Σχετικά με τη σύνδεση συσκευών το Ubidots cloud υποστηρίζει πάνω από 200 SDKs, ενώ προσφέρει και τη δυνατότητα δημιουργίας εξατομικευμένων πρωτοκόλλων.
- IoT Api Gateway: Εισαγωγή και σύνδεση συσκευών στην πλατφόρμα.
- UbiFunction: Κωδικοποιημένες λειτουργίες του Ubidots cloud που αναλύουν τα δεδομένα χρησιμοποιώντας UbiParsers. Ουσιαστικά τα δεδομένα φιλτράρονται, βελτιστοποιούνται και αθροίζονται ώστε να εξαχθούν από αυτά πληροφορίες.
- Synthetic Variables: Το Ubidots Analytics Engine υποστηρίζει ένα σύνθετο μαθηματικό εργαλείο υπολογισμού που ονομάζεται συνθετικές μεταβλητές. Ως μεταβλητή είναι οποιαδήποτε μη επεξεργασμένα ή υπολογισμένα δεδομένα μέσα σε μια συσκευή στο Ubidots. Μια "Συνθετική Μεταβλητή" είναι μια μεταβλητή που προκύπτει από τον υπολογισμό άλλων μεταβλητών μέσα στο Ubidots. Αυτό το εργαλείο είναι πολύ χρήσιμο για την επέκταση της λειτουργικότητας της εφαρμογής, δηλ. εάν για παράδειγμα ένας χρήστης αναπτύξει μια συσκευή που διαβάζει τη μεταβλητή σε ° C και θέλει να εμφανίσει τα δεδομένα σε ° C και ° F, θα ανακτήσει την αλλαγή του αισθητήρα και θα στείλει δύο τιμές σε Ubidots: μία τιμή σε ° C και μία σε ° F. Αυτό προσθέτει ένα επιπλέον (και περιττό) υπολογιστικό φορτίο στον μικροελεγκτή. Χρησιμοποιώντας τη μηχανή Analytics του Ubidots, θα πρέπει να στείλει μόνο

την ακατέργαστη τιμή σε ° C και να αφήσει το Ubidots να εκτελέσει τους απαιτούμενους υπολογισμούς για να τη μετατρέψει σε °F, μειώνοντας το φόρτο εργασιών στο μικροελεγκτή. Η πλατφόρμα υποστηρίζει ένα μεγάλο πλήθος βασικών συναρτήσεων.

- Time Series Backend: Η υποδομή της πλατφόρμας υποστηρίζει τη λήψη, τον υπολογισμό και την επεξεργασία εκατομμυρίων δεδομένων ανά δευτερόλεπτο, γεγονός που την καθιστά ιδανική για χειρισμό μεγάλου όγκου δεδομένων (big data). Παράλληλα, αποθηκεύει τα δεδομένα για διάστημα δύο ετών προσφέροντας ένα χώρο αποθήκευσης και οργάνωσης των δεδομένων. Έτσι είναι ευκολότερη η εξαγωγή συμπερασμάτων, η περαιτέρω επεξεργασία των δεδομένων, η ανίχνευση ανωμαλιών σε αυτά ή η δημιουργία διαφόρων προγνωστικών.
- Analytics: Αυτόματη αναπαράσταση στατιστικών των συσκευών μέσα από γραφήματα, πίνακες, χάρτες, ενώ υπάρχει και η δυνατότητα για δημιουργία εξατομικευσης της σελίδας με κώδικα του χρήστη. Αντίστοιχα, τα δεδομένα, μπορούν να σταλούν με δημόσιους συνδέσμους (public links), ή σε ιδιωτικούς ιστοτόπους και εφαρμογές.
- Reports: Το Ubidots προσφέρει τη δυνατότητα στους χρήστες του να διαθέσουν τη δική τους IoT πύλη στους πελάτες τους. Οι αναφορές είναι διαθέσιμες και μπορεί να γίνεται προγραμματισμός για την αποστολή τους σε συγκεκριμένο χρόνο.
- Event Engine: Τα events είναι μηνύματα που ενεργοποιούνται όταν μία συνθήκη είναι αληθής και στέλνονται μέσω e-mail, sms, telegram, slack ή ακόμα και ηχητικής κλήσης. Παραδείγματα συνθηκών που ενεργοποιούν events είναι όταν ένας αισθητήρας υπερβεί μια ορισμένη τιμή, ή ένα χρονικό διάστημα ή ακόμα κι όταν εισέλθει/εξέλθει σε/από μια συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή.

2.2.6 Συγκριτική Αξιολόγηση

Τα κυριότερα χαρακτηριστικά των πλατφορμών που περιγράφηκαν προηγουμένως συγκεντρώνονται στον παρακάτω πίνακα με στόχο την ευκολότερη σύγκρισή τους:

Πίνακας 1. Σύγκριση πλατφορμών IoT.

	Application	Cloud	Events Engine	Analytics/ Reports	Build-In Functions	Boards
Google IoT	Mainly Business	Yes	No	Yes	Yes	No
SALESFORCE	Business, Health	Yes	No	Yes	No	No
Particle IoT	Business, student (personal use)	No	No	No	No	Yes
Oracle IoT	Business	Yes	No	Yes	Yes	No
Arduino/Ubidots	Personal use, student, business	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes

Όπως φαίνεται και στον πίνακα οι πλατφόρμες Google και Oracle είναι σχεδιασμένες περισσότερο για επιχειρήσεις και δεν υποστηρίζουν μηχανή απευθείας ειδοποιήσεων και εξαγωγής συμπερασμάτων ούτε συνδέονται απευθείας με κάποια γνωστή πλακέτα (board). Αντίστοιχα το Particle IoT ενώ διαθέτει δικές του πλακέτες δε διαθέτει cloud, ούτε στατιστικά, ή ενσωματωμένες συναρτήσεις για επεξεργασία δεδομένων στο λογισμικό του. Τέλος, το Salesforce ενώ είναι το μόνο που έχει και ξεχωριστό τμήμα που υποστηρίζει εφαρμογές υγείας, δε διαθέτει εσωτερικές συναρτήσεις, σε συνδέεται εύκολα με πλακέτες και δε διαθέτει events engine. Το ubidots είναι το μόνο που συνδυάζει όλα τα παραπάνω και στο θέμα της συνδεσιμότητας με πλακέτες είναι απολύτως συμβατό με τις πλακέτες Arduino οι οποίες μάλιστα έχουν και δικό τους λογισμικό που μπορεί να συμβάλλει επικουρικά στο σχεδιασμό ενός έργου. Επιπλέον το ubidots δεν απευθύνεται μόνο σε επιχειρήσεις αλλά έχει και έκδοση για φοιτητές και ερευνητές γεγονός που το καθιστά κατάλληλο για ατομική χρήση. Συνεπώς για την

παρούσα εργασία επιλέγεται να χρησιμοποιηθεί ο συνδυασμός Arduino/Ubidots ως βάση για το σύστημα που θα σχεδιαστεί.

2.3 Smart Home

Σε ένα έξυπνο περιβάλλον πόλης, διάφορα συστήματα που βασίζονται σε έξυπνες τεχνολογίες είναι διασυνδεδεμένα για την παροχή των απαιτούμενων υπηρεσιών (υγεία, υπηρεσίες κοινής ωφελείας, κυβέρνηση, κατοικίες και κτίρια).

Στο έξυπνο σπίτι οι υπηρεσίες διαδικτύου συμβάλλουν στην ενίσχυση του προσωπικού τρόπου ζωής, διευκολύνοντας την παρακολούθηση και τη λειτουργία οικιακών συσκευών και συστημάτων (π.χ. κλιματιστικό, συστήματα θέρμανσης, μετρητές κατανάλωσης ενέργειας κ.λπ.) από απόσταση. Για παράδειγμα, ένα έξυπνο σπίτι μπορεί να κλείσει αυτόματα το παράθυρα και να χαμηλώσει τις περσίδες των επάνω παραθύρων με βάση την πρόγνωση του καιρού. Τα έξυπνα σπίτια πρέπει να έχουν τακτική αλληλεπίδραση με το εσωτερικό και εξωτερικό τους περιβάλλον. Το εσωτερικό περιβάλλον μπορεί να περιλαμβάνει όλες τις οικιακές συσκευές και τις συσκευές που είναι συνδεδεμένες στο Διαδίκτυο, ενώ το εξωτερικό περιβάλλον αποτελείται από οντότητες που δεν έχουν τον έλεγχο του έξυπνου όπως οι οντότητες έξυπνου δικτύου.

Οι συμβατικές μεθοδολογίες ανίχνευσης για ένα έξυπνο σπίτι είναι γνωστό ότι είναι πολύπλοκες και δύσκολες ως προς την υλοποίησή τους. Έτσι, οι ερευνητές καταφεύγουν σε εναλλακτικούς μηχανισμούς ανίχνευσης. Το Wi-Fi είναι μία από τις βασικές τεχνολογίες που επιτρέπουν τη συνδεσιμότητα για έξυπνες οικιακές υπηρεσίες. Εκτός από την κύρια χρήση του στην επικοινωνία, το σήμα Wi-Fi έχει πλέον ευρεία μόχλευση για διάφορες εργασίες ανίχνευσης, όπως αναγνώριση χειρονομιών και διαφόρων κινήσεων, και ανίχνευση πτώσης, λόγω της ευαισθησίας του στις δυναμικές του περιβάλλοντος. Η κατασκευή ενός έξυπνου σπιτιού βασισμένο στις εφαρμογές του Wi-Fi είναι οικονομικά αποδοτική, μη επεμβατική και εύκολη ως προς την περεταίρω ανάπτυξή του.

Το έξυπνο σπίτι επιτρέπει τη διασύνδεση όλων των αντικειμένων που εμφυτεύονται σε μια οικιακή συσκευή με αισθητήρες και ενεργοποιητές με στόχο την αύξηση του αυτοματισμού[120]. Ο σχεδιασμός για ένα έξυπνο σπίτι ουσιαστικά είναι ένα σύνολο διαφορετικών τεχνολογιών που κανονικά περιλαμβάνει τρία επίπεδα [120][127]: επίπεδο εφαρμογής, επίπεδο δικτύου, και το επίπεδο αντίληψης. Το επίπεδο αντίληψης είναι υπεύθυνο για τη συλλογή πληροφοριών από τον περιβάλλοντα χώρο και χρησιμεύει ως διεπαφή για τον άνθρωπο ώστε να αλληλεπιδρά με τα συνδεδεμένα αντικείμενα. Η επιθυμία για πιο άνετη και φιλική προς χρήση διεπαφή έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη την ανίχνευση νέων μεθοδολογιών, αφού οι συμβατικές μεθοδολογίες ανίχνευσης για το έξυπνο σπίτι έχουν αρκετές ελλείψεις. Πρώτον, συνήθως περιλαμβάνει διαφορετικά είδη των αισθητήρων [120]. Ωστόσο διαφορετικοί

αισθητήρες πρέπει να ενεργοποιηθούν από διαφορετικές μονάδες δίσκου για την απόκτηση δεδομένων. Έτσι, η ανάπτυξη των συσκευών λειτουργίας για πολλούς αισθητήρες θα ήταν ένα μεγάλο βάρος. Δεύτερον, η εγκατάσταση διαφόρων αισθητήρων για ένα έξυπνο σπίτι είναι δαπανηρή. Πρέπει να αναπτυχθούν ειδικές συσκευές και αισθητήρες σε γεωγραφικά διασκορπισμένες τοποθεσίες [120][127][130] οι οποίες ενδέχεται να απαιτούν τη δημιουργία ειδικών τεχνικών. Τέλος, οι λύσεις αλληλεπίδρασης με αντικείμενα καθημερινής χρήσης απαιτούν είσοδο του χρήστη που σε αρκετές περιπτώσεις δεν είναι βολική. Για παράδειγμα, δημοφιλή έξυπνα οικιακά προϊόντα όπως το Amazon Echo [132] και το Google Home [133] απαιτούν ηχητική είσοδο. Ένα έξυπνο οικιακό σύστημα που θα μπορούσε να προβλέψει τις ανάγκες των χρηστών και να ενεργήσει εκ των προτέρων μη επιθετικά χωρίς μεγάλη παρέμβαση θα ήταν πολύ πιο επιθυμητό. Ως εκ τούτου, οι ερευνητές αναζητούν νέες δυνατότητες λύσεων.

3 Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

3.1 Εφαρμογές Smart Health

Το IoT χρησιμοποιείται από την κλινική φροντίδα για την παρακολούθηση των φυσιολογικών καταστάσεων του ασθενών μέσω αισθητήρων συλλέγοντας και αναλύοντας τις πληροφορίες τους και στη συνέχεια αποστέλλοντας τα δεδομένα του ασθενούς από απόσταση για επεξεργασία σε κέντρα με στόχο την ανάληψη κατάλληλων ενεργειών. Για παράδειγμα, το Masimo Radical-7 παρακολουθεί απομακρυσμένα την κατάσταση του ασθενούς και την αναφέρει σε ένα προσωπικό κλινικό φάκελο. Πρόσφατα, η IBM χρησιμοποίησε την τεχνολογία RFID σε ένα από τα νοσοκομεία της OhioHealth για να παρακολουθεί το πλύσιμο των χεριών μετά τον έλεγχο κάθε ασθενή. Αυτή η λειτουργία θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για να αποφευχθούν λοιμώξεις που προκαλούν περίπου 90.000 θανάτους και απώλεια περίπου 30 δισεκατομμύρια δολάρια ετησίως.

Τα συστήματα παρακολούθησης της υγείας με τεχνικές ανίχνευσης ανωμαλιών μπορούν να σημάνουν συναγερμό σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης, κάτι που είναι αρκετά χρήσιμο να βοηθήσει στη φροντίδα των ασθενών, των μωρών και των ηλικιωμένων. Επί του παρόντος, τα περισσότερα από τα συστήματα παρακολούθησης της υγείας εξαρτώνται από ειδικές συσκευές. Πολλοί περιορίζονται στην κλινική χρήση τους και απαιτούν έναν άρτια καταρτισμένο τεχνικό για να τα εγκαταστήσει [141]. Αν και υπάρχουν ορισμένες φορητές συσκευές που έχουν αναπτυχθεί για οικιακή χρήση, εξακολουθούν να μην είναι φιλικά προς το χρήστη και απαιτούν ειδικά όργανα αισθητήρων [142], [143]. Επιπλέον, υπάρχουν ορισμένες ιατρικές διαταραχές, όπως η άπνοια ύπνου, κατά την οποία όταν το άτομο παρουσιάζει ανωμαλίες στην αναπνοή κατά τη διάρκεια του ύπνου, που χρειάζονται συνεχή παρακολούθηση. Στις κλινικές, οι γιατροί συχνά χρησιμοποιούν τη χρήση τεστ πολυσομνογραφίας για τη διάγνωση της

άπνοιας ύπνου, η οποία είναι δαπανηρή και επίπονη [141]. Έτσι, μία μη επεμβατική μέθοδος είναι πιο επιθυμητή.

Η ανίχνευση πτώσεων είναι ένα τυπικό σύστημα παρακολούθησης της υγείας. Οι πτώσεις είναι η κύρια αιτία θανάσιμων τραυματισμών και θανάτου στην τρίτη ηλικία [144]. Στο [144] αναφέρεται ότι στις Ηνωμένες Πολιτείες, ένας ηλικιωμένος πέφτει κάθε δευτερόλεπτο κάθε μέρα, κάνοντας τις πτώσεις «το μεγαλύτερο δολοφόνο των Αμερικανών». Η ανίχνευση πτώσης έχει ήδη συζητηθεί στην επιστημονική κοινότητα. Σε αρκετές έρευνες, [145], [146] εφαρμόζουν τεχνολογία που μπορεί να φορεθεί για την ανίχνευση πτώσεων. Άλλοι [134], [135] αναπτύσσουν ειδικούς αισθητήρες στο σπίτι. Υπάρχουν επίσης μέθοδοι υπολογιστικής όρασης [147], [148]. Η φορητή τεχνολογία απαιτεί από τους χρήστες να φορούν συνεχώς μία ειδική συσκευή, η οποία μπορεί να προκαλέσει δυσφορία. Η εμφύτευση αισθητήρων στο σπίτι απαιτεί ειδικούς τεχνικούς για να την εγκατάσταση, η οποία είναι δαπανηρή. Η τεχνολογία υπολογιστικής όρασης φαίνεται να είναι τέλεια, ωστόσο, θέτει ζητήματα προστασίας της ιδιωτικής ζωής και δεν μπορεί να λειτουργήσει σε σενάρια μη έξω από το οπτικό πεδίο του υπολογιστή (NLOS).

Τα συστήματα παρακολούθησης της υγείας μέσω WiFi αισθητήρων είναι εναλλακτικές λύσεις για την υπέρβαση των παραπάνω περιορισμών. Αξιοποιώντας τα αόρατα ραδιοκύματα WiFi, τα καθήκοντα αίσθησης μπορεί να ολοκληρωθεί χωρίς την ευαισθητοποίηση των χρηστών, η οποία προκαλεί ελάχιστη δυσφορία. Τα ραδιοκύματα WiFi μπορούν να διαπεράσουν τοίχους, καθιστώντας εφικτή την εκτέλεση εργασιών ανίχνευσης ακόμη και κάτω από απαιτητικά σενάρια NLOS. Το φαινόμενο πολλαπλών διαδρομών, το οποίο είναι συνήθως επιβλαβές για την επικοινωνία των δεδομένων, μπορεί να έχει ένα θετικό αντίκτυπο στην ανίχνευση μέσω WiFi καθώς επεκτείνει τις χωρικές διαστάσεις ανίχνευσης. Πλέον εισάγονται συστήματα WiFi με δυνατότητες ικανές να ανιχνεύσουν βιοϊατρικές πληροφορίες, όπως για παράδειγμα ρυθμό αναπνοής, καρδιακό ρυθμό και μη φυσιολογικές συμπεριφορές. Συστήματα ανίχνευσης πτώσης με δυνατότητα σύνδεσης WiFi [139], [140] λαμβάνουν υπ' όψιν το γεγονός ότι μια ξαφνική πτώση μπορεί να προκαλέσει απότομες αλλαγές στις τιμές του CSI. Οι Wang et al. [140] ενσωμάτωσαν το μέγεθος του CSI για την ανίχνευση πτώσης, αναφέροντας ακρίβεια ανίχνευσης 87%. Η ανίχνευση του ρυθμού αναπνοής ή του καρδιακού παλμού είναι πολύ πιο δύσκολες, καθώς οι δραστηριότητες αυτές δεν εισάγουν αξιοσημείωτη διαφορά σχετικά με τα αποτελέσματα της αριθμητικά δεδομένα των αισθητήρων. Ως εκ τούτου, τέτοια συστήματα απαιτούν συχνά πομποδέκτες που βρίσκονται κοντά στο άνθρωπο σώμα. Όταν το άτομο εισπνέει, ο αέρας που αναπνέει διογκώνει το στήθος, κάνοντας το σήμα να μεταδίδεται σε πολύ μικρότερη απόσταση. Όταν το άτομο εκπνέει, το ραδιοσήμα θα διασχίσει πολύ μεγαλύτερη απόσταση και αντιμετωπίζουν μια σχετικά ισχυρότερη απώλεια διαδρομής. Επομένως, ο κύκλος αναπνοής συλλαμβάνεται από το σήμα WiFi. Ο χτύπος της καρδιάς μπορεί να ανιχνευθεί με τον ίδιο τρόπο.

3.2 Σχετική Βιβλιογραφία

Στη βιβλιογραφία έχουν δημοσιευτεί αρκετές μελέτες που προσεγγίζουν θέματα εφαρμογών διαδικτύου των πραγμάτων στον τομέα της υγείας και ταξινόμησης δεδομένων εφαρμόζοντας ποικίλες μεθοδολογίες. Στο [160] προτείνεται ένα σχήμα που ταξινομεί κρυπτογραφημένα δεδομένα ασθενών χρησιμοποιώντας ασύρματα δίκτυα αισθητήρων σώματος (Wireless Body Area Network – WBAN), ώστε να τους παρέχει απομακρυσμένη υγειονομική περίθαλψη. Οι χρήστες είμαι εξοπλισμένοι με ένα σύνολο αισθητήρων σώματος οι οποίοι στέλνουν μετρήσεις στο κινητό του χρήστη. Η εφαρμογή στο κινητό που λαμβάνει τις μετρήσεις τις κρυπτογραφεί μαζί με τις προσωπικές του πληροφορίες και τις στέλνει στο κέντρο φροντίδας (που μπορεί να είναι για παράδειγμα ένα κέντρο υγείας) το οποίο στέλνει πίσω κρυπτογραφημένες πληροφορίες για κάποια πάθηση που μπορεί να έχει ο χρήστης. Κάθε φορά λαμβάνεται υπ' όψιν η σοβαρότητα του περιστατικού ώστε να δοθεί μεγαλύτερη προτεραιότητα σε χρήστες που έχουν μεγαλύτερη ανάγκη άμεση διάγνωση. Για να γίνει αυτό πριν σταλούν τα δεδομένα στο κέντρο υγείας, υπολογίζονται κάποιοι δείκτες πιθανότητας ασθένειας του χρήστη ώστε να του αποδοθεί ένας βαθμός προτεραιότητας. Μία πιθανή μελλοντική βελτίωση του συγκεκριμένου σχήματος είναι η χρήση κάποιου cloud για την αποθήκευση των δεδομένων καθώς με αυτό τον τρόπο θα μπορούσε να γίνει και χειρισμός big data. Το [161] αφορά την παρακολούθηση ασθενών μέσα από το έξυπνο σπίτι και την ταξινόμηση δεδομένων χρησιμοποιώντας ένα Bayesian ταξινομητή (Bayesian Belief Network classifier – BBN). Αρχικά ο ασθενής εγγράφεται στο σύστημα απαντώντας σε ερωτήσεις σχετικά με το ιστορικό του και δίνοντας προσωπικές πληροφορίες και του δίνεται ένας μοναδικός προσωπικός κωδικός στο cloud όπου θα βρίσκονται τα δεδομένα του. Τα δίκτυα αισθητήρων που υπάρχουν στο σπίτι αποστέλλουν δεδομένα στο fog, όπου και ταξινομούνται με βάση την κανονικότητά τους (κανονικά δεδομένα αντιστοιχούν σε υγιή ασθενή – η ασθενή χωρίς σοβαρό πρόβλημα υγείας- ενώ μη κανονικά σε ασθενή με σοβαρό πρόβλημα υγείας). Έπειτα τα δεδομένα στέλνονται στο cloud όπου γίνεται η ανάλυση και η εξαγωγή συμπερασμάτων λαμβάνοντας υπ' όψιν και το ιστορικό του ασθενή. Σε περίπτωση που η κατάσταση του ασθενή κριθεί μη ασφαλής ειδοποιείται ο ίδιος και κάποιες επαφές έκτακτης ανάγκης. Μελλοντική βελτίωση της συγκεκριμένης έρευνας θα μπορούσε να είναι κάποια τροποποίηση ώστε να μπορεί να διαχειρίζεται big data.

Στο [162] παρουσιάζεται μια μέθοδος μη επιβλεπόμενης μάθησης (Unsupervised machine learning method - UMLM) για την πρόβλεψη παραμέτρων που σχετίζονται με τη διάρκεια παραμονής ενός ασθενή στο νοσοκομείο. Για την εκπαίδευση του μοντέλου χρησιμοποιείται ένα σύνολο ηλεκτρονικών ιατρικών αρχείων (electronic health records – EHR) ώστε να συσχετιστεί η ασθένεια του πάσχοντα με τις κλινικές διαδικασίες που ακολουθούνται σε κάθε περίπτωση. Το μοντέλο που προκύπτει χρησιμοποιείται για να προβλεφθεί το κόστος νοσηλείας, η διάρκεια νοσηλείας και οι πιθανότητες του ασθενή να επιβιώσει από την ασθένεια. Στο μοντέλο δε περιλαμβάνεται πιθανές πολλαπλές επισκέψεις του ασθενή στο νοσοκομείο συμπεριλαμβανόμενης της πιθανότητας να

πάρει εξιτήριο και να χρειαστεί κάνει ξανά εισαγωγή, γεγονός που θα μπορούσε να αποτελέσει σημαντική μελλοντική βελτίωση καθώς θα μπορούσαν να εξαχθούν συμπεράσματα και για πιθανή επιβάρυνση της υγείας του ασθενή αφότου πάρει μία φορά εξιτήριο.

Στο [163] παρουσιάζεται μία μορφή μηχανικής μάθησης, η λογιστική παλινδρόμηση (machine learning logistic regression – MLLR) , η οποία χρησιμοποιείται για την πρόβλεψη διφορούμενων αποτελεσμάτων στις ιατρικές διαγνώσεις και προγνώσεις. Τα δεδομένα είναι διαχωρισμένα είτε κάθετα (ανά ασθενή) είτε οριζόντια (ανά είδος μέτρησης όπως για παράδειγμα πίεση ή σάκχαρο) γεγονός που αυξάνει την αποτελεσματικότητα του μοντέλου καθώς τα ίδια δεδομένα εξετάζονται και υφίστανται επεξεργασία από δύο πλευρές. Επιπλέον δεν επηρεάζεται σημαντικά από το πλήθος των χρηστών παράγοντας που το καθιστά κατάλληλο για το χειρισμό μεγάλου όγκου δεδομένων και χρηστών ταυτόχρονα, ενώ λαμβάνει υπ' όψιν και την ασφάλεια των δεδομένων κάνοντας όμως αρκετές παραδοχές.

Το [164] χρησιμοποιεί το επιταχυνσιόμετρο και το γυροσκόπιο για να ανιχνεύσει πτώσεις του ασθενή (στοχεύοντας κυρίως σε ηλικιωμένα άτομα). Επιπλέον χρησιμοποιεί τον αλγόριθμο των K-κοντινότερων γειτόνων (K-Nearest Neighbors – KNN) και τα δέντρα απόφασης (decision trees – DT) για να ταξινομήσει τις καθημερινές δραστηριότητες των ηλικιωμένων στις κλάσεις “ύπνος”, “περπάτημα”, “πτώση” και “ανάπαυση”. Ο πρώτος αλγόριθμος (KNN) επιλέχθηκε ως ο πιο αποτελεσματικός για την ταξινόμηση λόγω της μεγαλύτερης ακρίβειας του στην ανίχνευση των πτώσεων έναντι του δεύτερου. Το [165] αξιοποιεί δεδομένα από το MHealth το οποίο περιλαμβάνει καταγραφές ζωτικών λειτουργιών και κινήσεων του σώματος 10 εθελοντών κατά τη διάρκεια διαφόρων φυσικών δραστηριοτήτων όπως η ακινησία, το περπάτημα, ανέβασμα σκάλας, κάθισμα και ανάπαυση, λύγισμα γονάτων, ποδηλασία κ.α. Με τη χρήση τεχνικών data mining όπως τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα (Artificial Neural Networks -ANN), K-κοντινότεροι γείτονες (K-Nearest Neighbors – KNN), Support Vector Machine – SVM, Δέντρα απόφασης (Decision trees -DT), Random Forests – Rf και Rotation forests – RoF εξετάζεται και συγκρίνεται ποια τεχνική έχει το μεγαλύτερη ακρίβεια αναγνώρισης και ταξινόμησης των παραπάνω δραστηριοτήτων με τις τεχνικές Random forest και Support Vector Machine να επιτυγχάνουν τη μεγαλύτερη ακρίβεια (99.89%). Προσεγγίζοντας το ζήτημα της αναγνώρισης της ανθρώπινης συμπεριφοράς από μια άλλη οπτική γωνία, στο [166] αξιοποιούνται αισθητήρες προσαρμοσμένοι στο χέρι ενός ατόμου και σε συνδυασμό με την εφαρμογή του Hidden Markov Model (HMM) ανιχνεύονται απότομες εναλλαγές στην κατάστασή του. Εκτός από τις συνηθισμένες καταστάσεις (ύπνος περπάτημα, τρέξιμο κλπ) υπάρχουν και καταστάσεις “πτώσης” και “ασυνήθιστο” κατά τις οποίες ενεργοποιείται συναγερμός και ο χρήστης καλείται μέσω φωνητικών εντολών να ενημερώσει για την κατάστασή του. Σε περίπτωση που δεν απενεργοποιήσει το συναγερμό θα ειδοποιηθούν επαφές έκτακτης ανάγκης για να τον βοηθήσουν.

Στο [167] αρχικά προσομοιώνεται ένα έξυπνο περιβάλλον με 28 διαφορετικές έξυπνες IoT συσκευές (κάμερες, πρίζες, λάμπες, αισθητήρες κίνησης κλπ) και στη συνέχεια χρησιμοποιείται μία μέθοδος μηχανικής μάθησης πολλαπλών επιπέδων για την ταξινόμησή τους (machine learning based multi-stage device classification method – MDCM). Στο επίπεδο 0 χρησιμοποιείται ο ταξινομητής Bayes για την ανάλυση των κωδικών όλων των συσκευών και το διαχωρισμό τους σε κλάσεις. Στο επίπεδο 1 εφαρμόζεται επιπλέον ο ταξινομητής Random Forest για να επιλέξει τις κλάσεις με το μεγαλύτερο βαθμό αξιοπιστίας για την ταξινόμηση. Ο συνδυασμός των δύο ταξινομητών επιτυγχάνει 99% ακρίβεια ταξινόμησης στο τελικό αποτέλεσμα ενώ παράλληλα υπολογίζεται η ταχύτητα και το λειτουργικό κόστος.


Στο [170] προτείνεται ένας αλγόριθμος τριών σταδίων που χρησιμοποιείται σε ένα σύστημα που λαμβάνει ιατρικά δεδομένα από οχηματικά δίκτυα (κυρίως ασθενοφόρα) τα οποία στέλνονται μέσω cloud σε νοσοκομειακές μονάδες. Στην περίπτωση αυτή το cloud χρησιμοποιείται ως αποθετήριο νοσοκομειακών δεδομένων τα οποία προορίζονται για χρήση από το ιατρικό προσωπικό για παρακολούθηση και διάγνωση των ασθενών καθώς και την πρόβλεψη ασθενειών. Τα τρία στάδια του αλγορίθμου είναι η ταξινόμηση δεδομένων, η αποθήκευση και η ανάκτηση.

Τέλος στο [168] χρησιμοποιείται η θεωρία παιγνίων για την παροχή ιατρικής βοήθειας σε κινούμενα οχήματα. Για την προσομοίωση τοποθετήθηκαν petri-net (PN) μοντέλα, δηλαδή μοντέλα αποτελούμενα από δύο τμήματα -τοποθεσία και συνθήκη-, που αντιπροσωπεύαν τα οχήματα, και εφαρμόστηκε ένας αλγόριθμος χρονοπρογραμματισμού για τον έλεγχο της κίνησης, της ταχύτητας και της άμεσης ανταπόκρισης όταν κάποιο όχημα έστελνε σήμα κινδύνου. Παρατηρήθηκε ότι όσο αυξανόταν η ταχύτητα με την οποία κινούνταν το όχημα, αυξανόταν και η καθυστέρηση ανταπόκρισης του συστήματος. Το μοντέλο έχει καλύτερη απόδοση σε σύγκριση με άλλα, ωστόσο δεν εξετάζει τις καθυστερήσεις που μπορεί να υπάρξουν ανάλογα με το φόρτο των δικτύων από τα οποία διέρχεται το όχημα.

4 Μεθοδολογία Ανάπτυξης Αρχιτεκτονικής Συστήματος

4.1 Κατηγορίες Μετρήσεων Αισθητήρων


Όπως θα αναλυθεί στην ενότητα 4.2, στον αλγόριθμο δίνεται ως είσοδος για κάθε κατηγορία μετρήσεων μία ενδεικτική μέση τιμή για κάθε κλάση και ένα σύνολο 100 τιμών προς ταξινόμηση. Ο αριθμός των κλάσεων και η ενδεικτικές μέσες τιμές για κάθε μέτρηση προκύπτουν ως εξής:


Επίπεδα οξυγόνου στο αίμα: Για τη μέτρηση του επιπέδου οξυγόνου του αίματος χρησιμοποιείται μια μικρή συσκευή που ονομάζεται αισθητήρας παλμικού οξυμέτρου, ο οποίος είναι τοποθετημένος σε ένα τμήμα του σώματος, συνήθως σε ένα δάκτυλο χεριού, ποδιού ή αυτί. Οι αισθητήρες παλμικής οξυμετρίας ποικίλουν σε μέγεθος και σχήμα και προσφέρονται τόσο σε επαναχρησιμοποιούμενες όσο και σε εφαρμογές μιας χρήσης. Χαμηλά επίπεδα οξυγόνου στο αίμα δημιουργούν μη φυσιολογική κυκλοφορία και μπορεί να προκαλέσουν ζαλάδα, λαχάνιασμα, πονοκέφαλο, δύσπνοια, στηθάγχη, υπέρταση, σύγχυση, έλλειψη συντονισμού, οπτικές διαταραχές, ταχυκαρδία κ.α. Τα επίπεδα φυσιολογικού κορεσμού οξυγόνου κυμαίνονται μεταξύ 95 και 100%. Μία μέτρηση μικρότερη από 90% θεωρείται κλινική κατάσταση έκτακτης ανάγκης, ενώ με μέτρηση μικρότερη από 85% ο ασθενής έχει αυξημένες πιθανότητες να βρεθεί σε κωματώδη κατάσταση. Η πρώτη ανάγνωση κορεσμού που είναι κάτω από τα κανονικά επίπεδα μπορεί να είναι ανακριβής και δεν θα προκαλέσει βλάβη, αλλά συνεχείς αναγνώσεις αυτού του αποτελέσματος μπορεί να είναι επιζήμιες για το άτομο. Τα περισσότερα υγιή άτομα συνήθως λαμβάνουν ένα επίπεδο κορεσμού οξυγόνου 95%. Από την άλλη πλευρά, άτομα με 92% κορεσμό οξυγόνου μπορεί να υποδηλώνουν έλλειψη οξυγόνου που φθάνει στα όργανα και τους ιστούς του σώματος [156]. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για τα επίπεδα οξυγόνου προέρχονται από την πλατφόρμα Kaggle από το dataset “Hepatocellular Carcinoma (HCC) Survival Dataset” που περιλαμβάνει δεδομένα 165 ασθενών ενός πανεπιστημιακού νοσοκομείου της Πορτογαλίας (University Hospital Portugal). Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται ενδεικτικά οι 5 κλάσεις για τα επίπεδα οξυγόνου:

Πίνακας 2. Ενδεικτικές κατηγορίες για τα επίπεδα οξυγόνου του αίματος.


Επίπεδα οξυγόνου στο αίμα (SpO ₂ %)	
Φυσιολογικό	95%>

Μέτριο	92%-95%
Μέτριο προς χαμηλό	88%-92%
Χαμηλό	85%-88%
Πολύ χαμηλό	85%<

 **Αρτηριακή πίεση:** Η αρτηριακή πίεση αυξάνεται λόγω της ποσότητας αίματος που κινούν οι χτύποι της καρδιάς μέσα στο σώμα ενός ανθρώπου. Η καρδιά αναπαύεται και γεμίζει με αίμα. Για το λόγο αυτό η αρτηριακή πίεση μετριέται με δύο αριθμούς: τη συστολική (που είναι η πίεση που ασκεί το αίμα όταν φεύγει από την καρδιά) και τη διαστολική (που είναι η πίεση των αρτηριών όταν η καρδιά αναπαύεται). Μονάδα μέτρησης της πίεσης είναι τα χιλιοστά στήλης υδραργύρου (mmHg). Η φυσιολογική πίεση σε υγιείς ενήλικες είναι κάτω από 120 για την συστολική και κάτω από 80 για τη διαστολική. Οποιαδήποτε τιμή αρτηριακής πίεσης άνω του 140 για τη συστολική και άνω του 90 για τη διαστολική θεωρείται υπέρταση. Ειδικότερα, άτομα με τιμές αρτηριακής πίεσης μεταξύ 120-139 για την συστολική ή/και 85-89 για τη διαστολική θεωρούνται ότι βρίσκονται στα όρια της υπέρτασης και χρήζουν ιατρικής παρακολούθησης της αρτηριακής τους πίεσης και αλλαγής τρόπου ζωής. Σε σπάνιες περιπτώσεις αναφέρονται άτομα με αρτηριακή πίεση 90-70 ή ακόμα και 80-60 mmHg, ενώ νιώθουν υγιή. Όταν η πίεση τόσο χαμηλές τιμές, το άτομο είναι πιθανό να αισθανθεί ζάλη, κεφαλαλγία όταν σηκώνεται σε όρθια θέση, ενώ μπορεί να υπάρχει αίσθημα κόπωσης και ατονίας. Η κατάσταση αυτή ονομάζεται ορθοστατική υπόταση και στις περισσότερες περιπτώσεις οφείλεται σε διαταραχή του αυτόνομου νευρικού συστήματος αλλά συναντάται και σε άτομα που λαμβάνουν συνδυασμό φαρμάκων για την ρύθμιση της αρτηριακής πίεσης. Αντίθετα αυξημένες τιμές αρτηριακής πίεσης (υπέρταση), μπορεί να οδηγήσουν σε στεφανιαία νόσο, έμφραγμα του μυοκαρδίου, αγγειακό εγκεφαλικό επεισόδιο και νεφρική ανεπάρκεια. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για την αρτηριακή πίεση προέρχονται από την πλατφόρμα Kaggle από το dataset “National Health and Nutrition Examination Survey” του κέντρου ελέγχου και πρόληψης ασθενειών (Center for Disease Control and Prevention). Επομένως για να καλυφθούν όλες οι περιπτώσεις δημιουργήθηκαν 7 κλάσεις [152][153]:

Πίνακας 3. Ενδεικτικές κατηγορίες αρτηριακής πίεσης.

	Συστολική πίεση (mmHg)	Διαστολική πίεση (mmHg)
Φυσιολογική	<120	<80
Μέτρια	120-129	80-84
Μέτρια προς υψηλή	130-139	85-89
Υπέρταση 1 ^{ου} βαθμού	140-159	90-99
Υπέρταση 2 ^{ου} βαθμού	160-179	100-109
Υπέρταση 3 ^{ου} βαθμού	>=180	>=110
Απομονωμένη συστολική υπέρταση	>=140	<90


-  Επίπεδα σακχάρου στο αίμα: Ο διεθνής πρότυπος τρόπος μέτρησης των επιπέδων γλυκόζης στο αίμα είναι σε γραμμομοριακή συγκέντρωση, μετρούμενη σε mmol/L (χιλιοστογραμμομόρια ανά λίτρο ή σε χιλιοστογραμμομόρια, mM). Στις Ηνωμένες Πολιτείες, τη Γερμανία και άλλες χώρες, η συγκέντρωση σε μάζα μετريέται σε mg / dL (σε χιλιοστόγραμμα ανά δεκαδικό). Τα επίπεδα γλυκόζης είναι συνήθως χαμηλότερα το πρωί, πριν από το πρώτο γεύμα της ημέρας, και αυξάνονται μετά από τα γεύματα για μια ώρα ή δύο με λίγα millimoles. Τα επίπεδα σακχάρου στο αίμα εκτός του φυσιολογικού εύρους μπορεί να αποτελούν ένδειξη ιατρικής πάθησης. Ένα επίμονα υψηλό επίπεδο αναφέρεται ως υπεργλυκαιμία. τα χαμηλά επίπεδα αναφέρονται ως υπογλυκαιμία. Ο σακχαρώδης διαβήτης χαρακτηρίζεται από επίμονη υπεργλυκαιμία από οποιαδήποτε από τις διάφορες αιτίες και είναι η πιο εμφανής ασθένεια που σχετίζεται με την αποτυχία της ρύθμισης του σακχάρου στο αίμα. Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι ελέγχου και μέτρησης των επιπέδων σακχάρου στο αίμα. Η πρόσληψη αλκοόλ προκαλεί μια αρχική αύξηση του σακχάρου στο αίμα, και αργότερα τείνει να προκαλέσει πτώση των επιπέδων. Επίσης, ορισμένα φάρμακα μπορούν να αυξήσουν ή να μειώσουν τα επίπεδα γλυκόζης. Εάν τα επίπεδα σακχάρου στο αίμα παραμείνουν πάρα πολύ υψηλά, το σώμα καταστέλλει την όρεξη βραχυπρόθεσμα. Η μακροχρόνια υπεργλυκαιμία προκαλεί πολλά προβλήματα υγείας, όπως καρδιακές παθήσεις,

καρκίνο, βλάβη των ματιών, των νεφρών και των νεύρων. Επίπεδα σακχάρου στο αίμα άνω των 300mg / dL μπορούν να προκαλέσουν θανατηφόρες αντιδράσεις. Η πιο συνηθισμένη αιτία της υπεργλυκαιμίας είναι ο διαβήτης. Όταν ο διαβήτης είναι η αιτία, οι γιατροί συστήνουν συνήθως ως φάρμακο ένα αντιδιαβητικό φάρμακο. Αντίθετα, Εάν τα επίπεδα σακχάρου στο αίμα πέσουν πολύ χαμηλά, αναπτύσσεται μια δυνητικά θανατηφόρα κατάσταση που ονομάζεται υπογλυκαιμία. Τα συμπτώματα μπορεί να περιλαμβάνουν λήθαργο, εξασθενημένη ψυχική λειτουργία, κούραση, συσπάσεις, αδυναμία στους μύες των βραχιόνων και των ποδιών, ανοιχτή επιδερμίδα, ιδρώτας και απώλεια συνείδησης. Οι μηχανισμοί που αποκαταστήσουν τα ικανοποιητικά επίπεδα γλυκόζης στο αίμα μετά από ακραία υπογλυκαιμία (κάτω από 40 mg / dL) πρέπει να είναι γρήγοροι και αποτελεσματικοί για την πρόληψη εξαιρετικά σοβαρών συνεπειών από ανεπαρκή γλυκόζη όπως σύγχυση ή αστάθεια και, στην ακραία (κάτω από 15 mg / dL) απώλεια συνείδησης ή επιληπτικές κρίσεις. Χωρίς να μειώνεται η σημασία των δυνητικά σοβαρών συνθηκών και κινδύνων που οφείλονται ή συχνά συνοδεύουν την υπεργλυκαιμία, ειδικά μακροπρόθεσμα (διαβήτης ή προ-διαβήτης, παχυσαρκία ή υπέρβαρο, υπερλιπιδαιμία, υπέρταση κλπ.), Είναι γενικά πιο επικίνδυνο να έχει ένας ασθενής μικρή γλυκόζη - ειδικά εάν τα επίπεδα είναι πολύ χαμηλά, τουλάχιστον προσωρινά, επειδή η γλυκόζη είναι τόσο σημαντική για το μεταβολισμό, τη διατροφή και την καλή λειτουργία των οργάνων του σώματος. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα για εκείνα τα όργανα που είναι μεταβολικά δραστικά ή που απαιτούν σταθερή, ρυθμιζόμενη παροχή σακχάρου στο αίμα (όπως για παράδειγμα το ήπαρ και ο εγκέφαλος) [159]. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για τα επίπεδα σακχάρου του αίματος προέρχονται από την πλατφόρμα Kaggle από το dataset “National Health and Nutrition Examination Survey” του κέντρου ελέγχου και πρόληψης ασθενειών (Center for Disease Control and Prevention). Ακολουθούν οι 5 κλάσεις για τα επίπεδα σακχάρου στο αίμα στον πίνακα 4:

Πίνακας 4. Ενδεικτικές κατηγορίες επιπέδων σακχάρου στο αίμα.


Επίπεδα σακχάρου στο αίμα (mg/dL)	
Πολύ υψηλά	300>

Υψηλά	131-300
Φυσιολογικά	70-130
Χαμηλά	41-129
Πολύ χαμηλά	40<

 Παλμοί: Με τον όρο παλμούς ορίζεται η ταχύτητα του καρδιακού ρυθμού που μετράται με τον αριθμό των συσπάσεων (κτύπων) της καρδιάς ανά λεπτό (bpm). Ο καρδιακός ρυθμός μπορεί να ποικίλει ανάλογα με τις φυσικές ανάγκες του σώματος, συμπεριλαμβανομένης της ανάγκης να απορροφούν οξυγόνο και να εκκρίνουν διοξείδιο του άνθρακα. Συνήθως είναι ίσος ή κοντά στον παλμό που μετράται σε οποιοδήποτε περιφερειακό σημείο. Δραστηριότητες που μπορούν να προκαλέσουν αλλαγές περιλαμβάνουν τη σωματική άσκηση, τον ύπνο, το άγχος, το στρες, την ασθένεια και την κατανάλωση ναρκωτικών. Ο Αμερικανικός Σύνδεσμος Καρδιάς δηλώνει ότι ο φυσιολογικός ρυθμός ανθρώπινης καρδιάς σε κατάσταση ανάπαυσης είναι 60-100. Η ταχυκαρδία είναι ένας γρήγορος καρδιακός ρυθμός, ο οποίος ορίζεται ως πάνω από 100 bpm σε κατάσταση ηρεμίας. Η βραδυκαρδία είναι ένας αργός καρδιακός ρυθμός, ο οποίος ορίζεται ως κάτω από 60 bpm σε κατάσταση ηρεμίας. Κατά τη διάρκεια του ύπνου, ένας αργός καρδιακός παλμός με ρυθμούς γύρω στα 40-50 bpm είναι κοινός και θεωρείται φυσιολογικός. Όταν η καρδιά δεν κτυπά σε ένα κανονικό μοτίβο, αυτό αναφέρεται ως αρρυθμία. Οι ανωμαλίες του καρδιακού ρυθμού υποδηλώνουν μερικές φορές ασθένεια. Ανωμαλίες στον καρδιακό ρυθμό μπορεί να προκαλέσει η κατανάλωση καφεΐνης, το άγχος, διαταραχές του θυρεοειδή κ.α. Ο καρδιακός ρυθμός συνδέεται και με την αρτηριακή πίεση για παράδειγμα άτομα με υπέρταση παρουσιάζουν ταχυκαρδίες ενώ άτομα με υπόταση βραδυκαρδίες. Οι διαταραχές του καρδιακού ρυθμού συνήθως αποτελούν σύμπτωμα κάποιας ασθένειας ή διαταραχής όπως κούραση, διαταραχές πίεσης, άγχους ή κάτι σοβαρότερου και πρέπει να μελετώνται σε συνδυασμό με την πιθανή εμφάνιση και άλλων συμπτωμάτων [155]. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για τους παλμούς προέρχονται από την πλατφόρμα Kaggle από το dataset “National Health and Nutrition Examination Survey” του κέντρου ελέγχου και πρόληψης ασθενειών (Center for Disease Control and Prevention). Οι ενδεικτικές κλάσεις για τους παλμούς είναι οι εξής 5:

Πίνακας 5. Ενδεικτικές κατηγορίες παλμών.


Παλμοί (bpm)	
Ταχυπαλμία	120<=
Φυσιολογικοί προς υψηλοί	91-119
Φυσιολογικοί	60-90
Φυσιολογικοί προς χαμηλοί	40-59
Βραδυκαρδία	20-39

- 
Υγρασία (εσωτερική και εξωτερική): Ο όρος υγρασία όταν αναφέρεται στην εσωτερική ενός κτιρίου ή στην εξωτερική, αφορά τον κορεσμό της ατμόσφαιρας σε υδρατμούς και μετριέται σε ποσοστό επί τοις 100 με υγρασία 100% όταν ο αέρας είναι κορεσμένος από υδρατμούς. Εάν τα επίπεδα είναι σωστά στο εσωτερικό τον κτιρίων εξασφαλίζεται η σωστή λειτουργία των συστημάτων θέρμανσης και κλιματισμού. Εάν όχι, μπορεί να υπάρχουν προβλήματα από βακτήρια, ακάρεα και μικρόβια. Η βέλτιστη υγρασία είναι 40-45%. Το ίδιο ισχύει και για την εξωτερική υγρασία με τη διαφορά ότι δεν είναι ελεγχόμενη ωστόσο πολύ χαμηλά ή πολύ υψηλά επίπεδα υγρασίας μπορεί να προκαλέσουν προβλήματα στην υγεία και αδιαθεσίες και πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψιν. Για παράδειγμα αν η υγρασία είναι πολύ χαμηλή συχνά παρατηρείται φαγούρα, ξηροδερμία, ξηροφθαλμία, φαινόμενα δημιουργίας στατικού ηλεκτρισμού, και συχνότερη εμφάνιση κρυολογημάτων και μολύνσεων ενώ αν είναι πολύ υψηλή μπορεί να παρατηρηθεί δυσκολία στην αναπνοή, πονοκέφαλος, πόνος στις αρθρώσεις και δυσκολία στην κίνηση. Τιμές κάτω από 30% προσδιορίζουν ξηρή ατμόσφαιρα ενώ πάνω από 50% αρκετά υψηλή. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για τη θερμοκρασία του σώματος προέρχονται από την πλατφόρμα Kaggle από το dataset "Weather Madrid 1997-2015" της εταιρείας weather company LLC . Ενδεικτικά [154]:

Πίνακας 6. Ενδεικτικές κατηγορίες υγρασίας.

Επίπεδο Υγρασίας (%)


Πολύ υψηλή	60%<
Υψηλή	45-60%
Φυσιολογική	40-45%
Χαμηλή	25-40%
Πολύ χαμηλή	<25%


 Θερμοκρασία σώματος: Η μεμονωμένη θερμοκρασία σώματος ενός ατόμου εξαρτάται από την ηλικία, την άσκηση, την κατάσταση της υγείας του, το φύλο και την αναπαραγωγική κατάσταση του, την ώρα της ημέρας, τον τόπο στο σώμα στον οποίο γίνεται η μέτρηση και την κατάσταση της συνείδησης του ατόμου (αφύπνιση, ύπνος, εγρήγορση κλπ), το επίπεδο δραστηριότητας και τη συναισθηματική κατάσταση. Διατηρείται συνήθως εντός αυτού του εύρους με τη θερμορύθμιση. Η θερμορύθμιση αποτελεί μέρος ενός ομοιοστατικού μηχανισμού που διατηρεί τον οργανισμό στη βέλτιστη θερμοκρασία λειτουργίας, καθώς η θερμοκρασία επηρεάζει το ρυθμό των χημικών αντιδράσεων. Στον άνθρωπο, η μέση εσωτερική θερμοκρασία είναι 37,0 ° C (98,6 ° F), αν και ποικίλλει μεταξύ των ατόμων. Ωστόσο, κανείς δεν έχει πάντα ακριβώς την ίδια θερμοκρασία σε κάθε στιγμή της ημέρας. Οι θερμοκρασίες κυμαίνονται τακτικά κάθε μέρα, όπως ελέγχεται από τον κερκαδικό ρυθμό του ατόμου. Η χαμηλότερη θερμοκρασία εμφανίζεται περίπου δύο ώρες πριν το άτομο ξυπνήσει κανονικά. Επιπλέον, οι θερμοκρασίες αλλάζουν ανάλογα με τις δραστηριότητες και τους εξωτερικούς παράγοντες. Μια θερμοκρασία νωρίς το πρωί υψηλότερη από 37,2 ° C (99,0 ° F) ή αργά το απόγευμα υψηλότερη από 37,7 ° C (99,9 ° F) θεωρείται συνήθως πυρετός, υποθέτοντας ότι η θερμοκρασία είναι αυξημένη λόγω της αλλαγής στο σημείο αναφοράς του υποθαλάμου. Εάν η θερμοκρασία αυξηθεί, αλλά η τιμή ρύθμισης δεν αυξάνεται, τότε το αποτέλεσμα είναι υπερθερμία και προκύπτει από 40 ° C. Θεωρείται επικίνδυνη για τη ζωή του ατόμου και τα συχνότερα συμπτώματα περιλαμβάνουν κεφαλαλγία, σύγχυση και κόπωση. Εάν η εφίδρωση έχει οδηγήσει σε αφυδάτωση, τότε το άτομο που πάσχει μπορεί να έχει ξηρό, κόκκινο δέρμα. Το αντίθετο της υπερθερμίας είναι η υποθερμία που συμβαίνει όταν η θερμοκρασία πέσει σε πολύ χαμηλές τιμές (1–2 ° C κάτω από τη φυσιολογική για κάθε άτομο θερμοκρασία). Συχνά μπορεί να προκληθεί λόγω υπερβολικής έκθεσης σε κρύο αέρα ή νερό, αλλά μπορεί να προκληθεί και σκόπιμα ως

ιατρική θεραπεία [158]. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για τη θερμοκρασία του σώματος προέρχονται από την πλατφόρμα Kaggle από το dataset “National Health and Nutrition Examination Survey” του κέντρου ελέγχου και πρόληψης ασθενειών (Center for Disease Control and Prevention). Ενδεικτικά οι 5 κλάσεις της θερμοκρασίας σώματος παρουσιάζονται στον πίνακα 7:

Πίνακας 7. Ενδεικτικές κατηγορίες για τη θερμοκρασία σώματος.

Θερμοκρασία σώματος (°C)	
Πολύ υψηλή	40-44
Υψηλή	37.6-40
Φυσιολογική	36.5-37.5
Χαμηλή	34-37.4
Πολύ χαμηλή	31-33.9

-  **Θερμοκρασία (εσωτερική και εξωτερική):** Οι μη φυσιολογικές θερμοκρασίες, εκτός από αίσθημα δυσφορίας, ιδρώτα, κρύου κλπ μπορεί να προκαλέσουν και σοβαρά προβλήματα στην υγεία ενός ανθρώπου ή να την επιδεινώσουν [157]. Πιο συγκεκριμένα εκτεταμένη έκθεση σε χαμηλές θερμοκρασίες αυξάνει την αρτηριακή πίεση καθώς το σώμα αναγκάζεται να λειτουργεί σε αυξημένη ρυθμό για να διατηρηθεί ζεστό, ενώ είναι πιο επιρρεπές σε ασθένειες και μολύνσεις του αναπνευστικού. Αντίστοιχα, οι πολύ υψηλές θερμοκρασίες έχουν συνδεθεί με αυξημένο κίνδυνο ανακοπής ιδιαίτερα σε ηλικιωμένα άτομα και ασθενείς με επιβαρυσμένη υγεία. Στον πίνακα 8 παρουσιάζονται οι ενδεικτικές κλάσεις για τη θερμοκρασία. Επιπλέον τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για τη θερμοκρασία προήλθαν από δεδομένα της Ελληνικής Στατιστικής Υπηρεσίας και αφορούν πραγματικές θερμοκρασίες που σημειώθηκαν σε όλη την Ελλάδα το 2019.

Πίνακας 8. Ενδεικτικές κατηγορίες για τη θερμοκρασία.

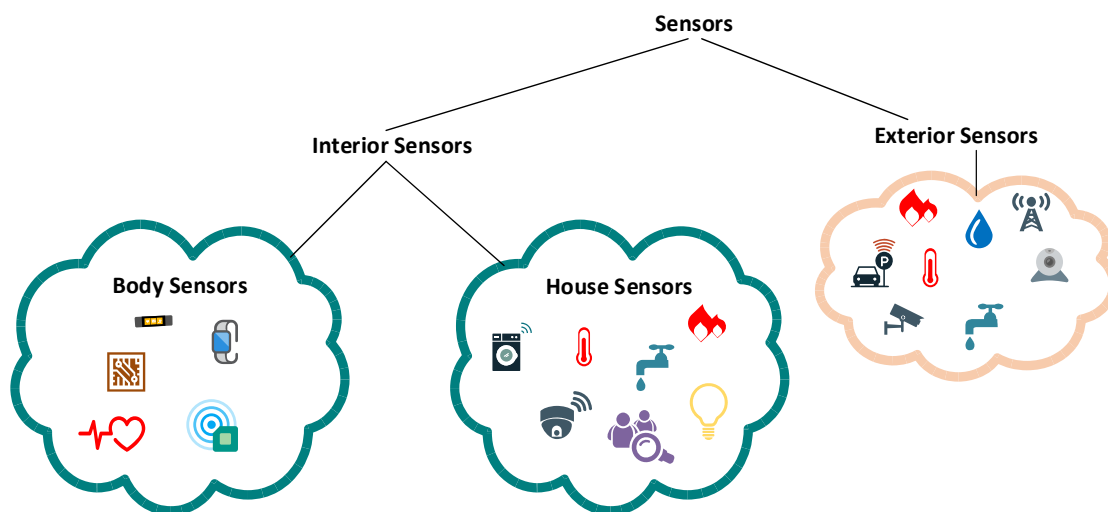
Θερμοκρασία (°C)	
Υψηλή	35<
Φυσιολογική προς υψηλή	30.1-35
Φυσιολογική	20.1-30
Φυσιολογική προς χαμηλή	10.1-20
Χαμηλή	<10

Οι πίνακες συμμετοχής με τα αποτελέσματα του αλγορίθμου για κάθε κατηγορία μετρήσεων παρουσιάζονται στο Παράρτημα 2.

4.2 Ολοκληρωμένο Σύστημα Συλλογής, Ταξινόμησης IoT Δεδομένων και Εφαρμογής Κανόνων Ειδοποίησης Χρήστη

Στόχος είναι η κατασκευή ενός ολοκληρωμένου συστήματος παρακολούθησης της υγείας ενός ανθρώπου. Ανάλογα με την κατάσταση της υγείας του, τις συνθήκες του χώρου όπου βρίσκεται και τις εξωτερικές συνθήκες το σύστημα θα τον ειδοποιεί σε περιπτώσεις κινδύνου (για παράδειγμα εάν έχει υψηλή πίεση, η εξωτερική θερμοκρασία είναι υψηλή και η θερμοκρασία του σπιτιού σχετικά υψηλή μία πιθανή πρόταση θα ήταν να αποφύγει να βγει από το σπίτι και να ανάψει τον κλιματισμό), ή θα τον ενημερώνει. Το προτεινόμενο σύστημα δέχεται ως είσοδο δεδομένα από τρία είδη αισθητήρων, τα επεξεργάζεται και τα συνδυάζει, και παράγει άμεσες έξυπνες προτάσεις σε πραγματικό χρόνο. Για να γίνει αυτό οι πλακέτες Arduino στις οποίες είναι συνδεδεμένοι οι αισθητήρες αποστέλλουν τα δεδομένα στην πλατφόρμα ubidots cloud όπου αποθηκεύονται και γίνεται η επεξεργασία ώστε να σταλούν τα αποτελέσματα στους τελικούς χρήστες.

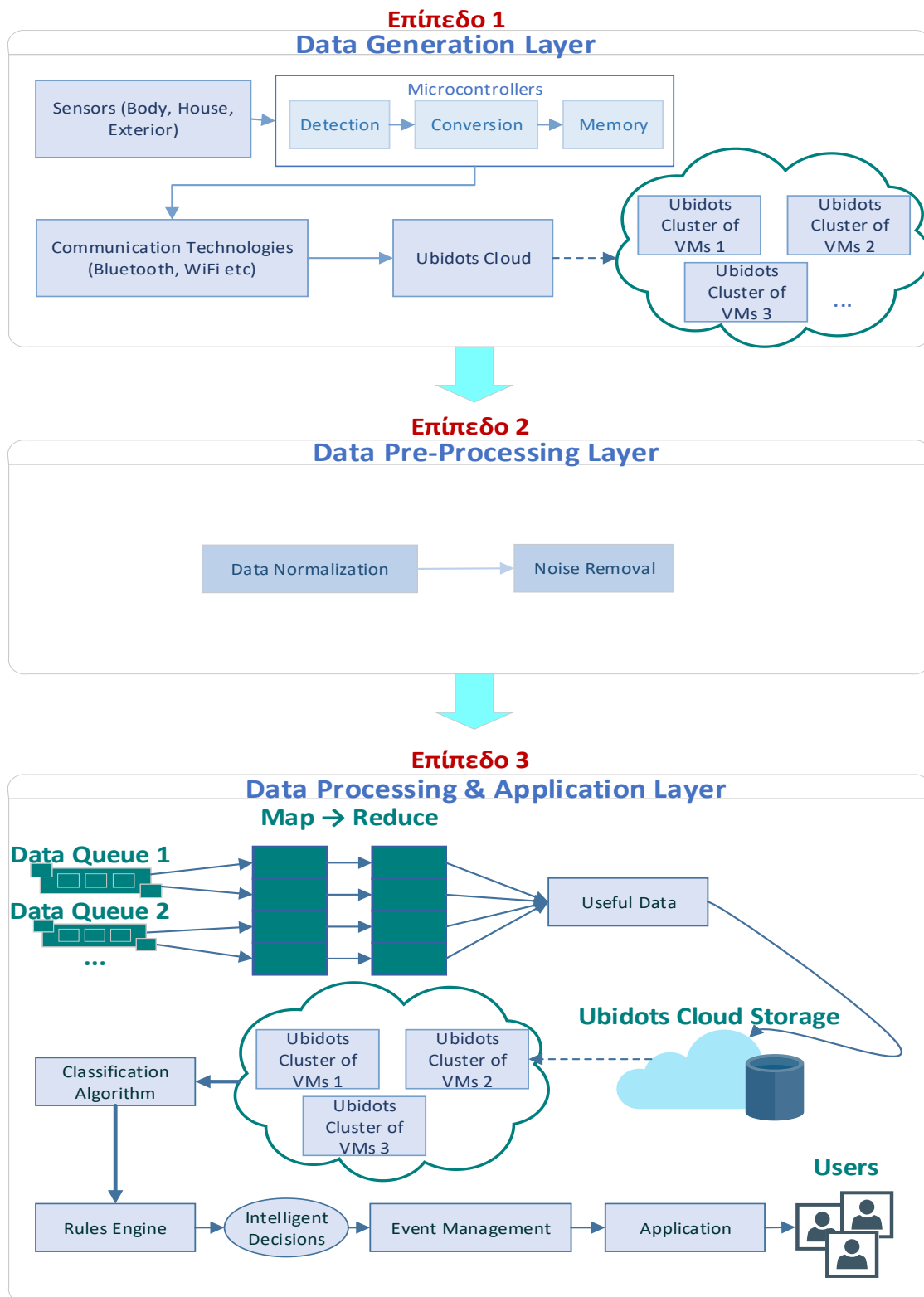
Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζονται οι κατηγορίες των αισθητήρων που χρησιμοποιούνται από το σύστημα:



Εικόνα 3 Κατηγορίες Αισθητήρων

Στους εξωτερικούς αισθητήρες συμπεριλαμβάνονται αισθητήρες υγρασίας, θερμοκρασίας, ανίχνευσης καπνού, παρακολούθησης κ.α. ενώ οι εσωτερικοί χωρίζονται σε δύο υποκατηγορίες: τους αισθητήρες σώματος (οι οποίοι μπορεί είτε να βρίσκονται σε συσκευές που είναι σε άμεση επαφή με το σώμα είτε εμφυτευμένοι και να λαμβάνουν μετρήσεις για την κατάσταση του ασθενή, τα επίπεδα σακχάρου στο αίμα, τους σφυγμούς κλπ), και τους εσωτερικούς αισθητήρες του κτιρίου που καταγράφουν την εσωτερική θερμοκρασία, υγρασία, παρακολουθούν διάφορες συσκευές κλπ.

Στην εικόνα 4 παρουσιάζονται τα στάδια από τα οποία αποτελείται το προτεινόμενο σύστημα:




Εικόνα 4 Ολοκληρωμένο Σύστημα Συλλογής, Ταξινόμησης IoT Δεδομένων και Εφαρμογής Κανόνων Ειδοποίησης Χρήστη

Όπως φαίνεται και στην εικόνα η αρχιτεκτονική χωρίζεται σε τρία επίπεδα: το επίπεδο συγκέντρωσης δεδομένων, το επίπεδο προεπεξεργασίας δεδομένων και το επίπεδο επεξεργασίας και εφαρμογής. Στο επίπεδο 1 οι αισθητήρες των τριών κατηγοριών συλλέγουν δεδομένα τα οποία μέσω της πλακέτας στην οποία είναι συνδεδεμένοι στέλνονται στην πλατφόρμα Ubidots. Μόλις σταλούν στην πλατφόρμα τα δεδομένα, το cloud χωρίζεται σε ένα σύνολο από VMs όπου στο κάθε ένα βρίσκονται τα δεδομένα μίας κατηγορίας (για παράδειγμα δεδομένα αρτηριακής πίεσης στο cluster of VMs 1 και δεδομένα θερμοκρασίας σώματος στο cluster of VMs 2). Με αυτόν τον τρόπο τα δεδομένα ταξινομούνται ευκολότερα και είναι γρηγορότερη η ανάκτηση των αποτελεσμάτων. Σε όλες τις εικονικές μηχανές (VMs) ακολουθείται η ίδια επεξεργασία και οργάνωση των δεδομένων παράλληλα. Τα δεδομένα που θα χρησιμοποιηθούν και αντιστοιχούν σε ένα cluster of VMs το κάθε ένα περιλαμβάνουν τις εξής μετρήσεις:

Πίνακας 9. Κατηγορίες αισθητήρων και μετρήσεις.

Αισθητήρες σώματος	Εσωτερικοί αισθητήρες	Εξωτερικοί αισθητήρες
Θερμοκρασία	Θερμοκρασία	Θερμοκρασία
Αρτηριακή πίεση	Υγρασία	Υγρασία
Επίπεδο σακχάρου		
Παλμοί		
Επίπεδο οξυγόνου στο αίμα		

Στο επίπεδο 2 (Data Pre-Processing Layer) τα δεδομένα οργάνωνται σύμφωνα με κάποιο πρότυπο, μειώνονται, κανονικοποιούνται και φιλτράρονται. Οι διαδικασίες αυτές περιγράφονται ως εξής:

 **Data Normalization:** Για την κανονικοποίηση των δεδομένων, αυτά μετατρέπονται σε μορφή κατάλληλη για εξαγωγή πληροφοριών. Αρχικά χρησιμοποιείται η Min-Max Normalization για την κατανομή των δεδομένων σε μια συγκεκριμένη και μικρού εύρους περιοχή:

$$N = \frac{M - X_{min}}{M_{max} - X_{min}} * (y - x) + x$$

Το διάστημα (x, y) είναι η καθορισμένη περιοχή, M είναι η τιμή υπό κανονικοποίηση, ενώ τα \min και \max αντιστοιχούν στην ελάχιστη και μέγιστη τιμή του συνόλου των δεδομένων.

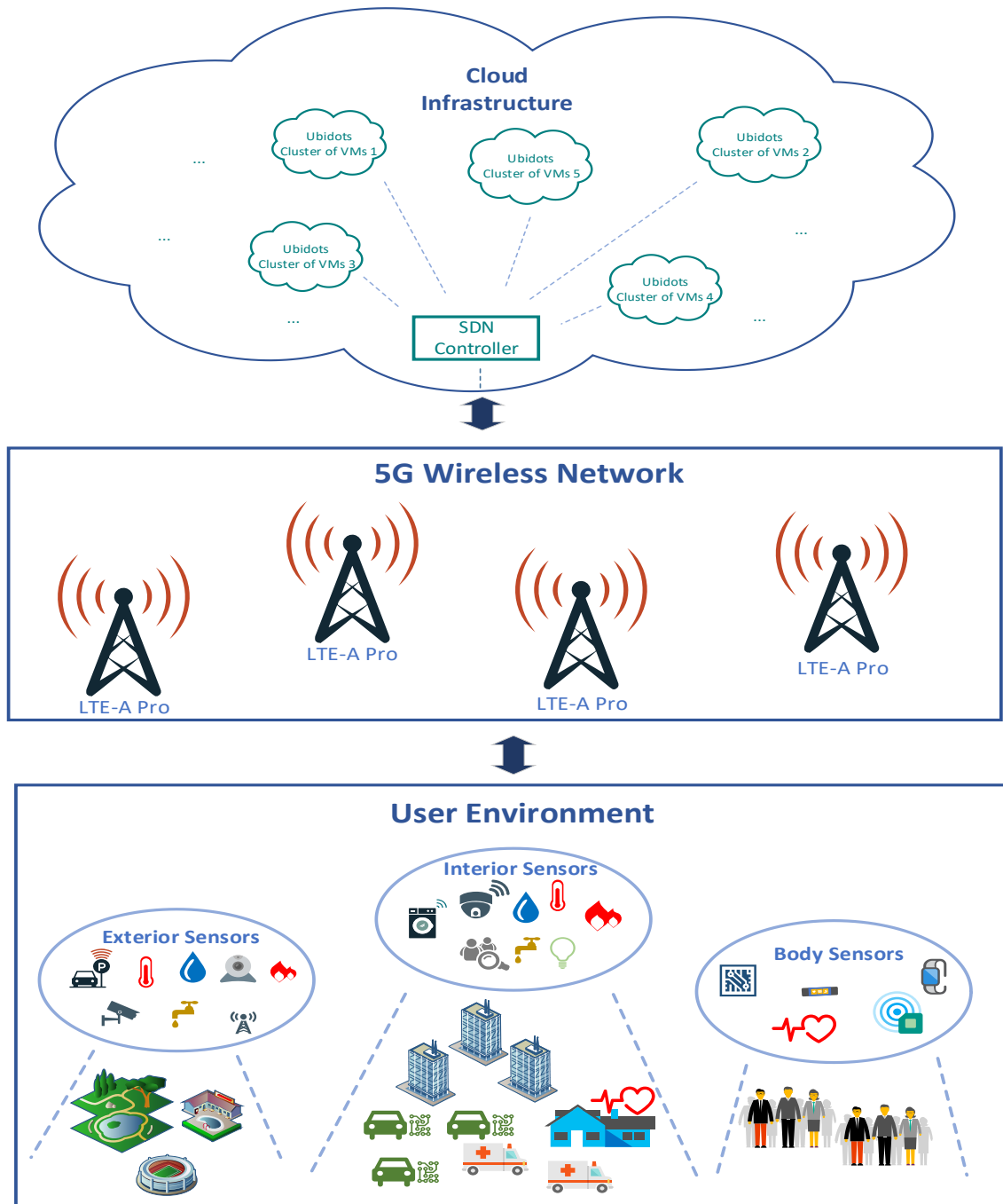
- ✚ **Noise Removal:** Σε ό,τι αφορά το φιλτράρισμα των δεδομένων στόχος είναι η αφαίρεση του θορύβου που υπάρχει σε οποιαδήποτε πραγματικά δεδομένα. Ως θόρυβος ορίζονται δεδομένα με ελλείψεις, χωρίς χρήσιμη πληροφορία που δεν πρέπει να επηρεάσουν το τελικό αποτέλεσμα. Το πιο γνωστό φίλτρο που αφαιρεί αυτό το θόρυβο είναι το Kalman Filter (KF). Ο αλγόριθμος λειτουργεί σε δύο στάδια: στο πρώτο, παράγει εκτιμήσεις των μεταβλητών της τρέχουσας κατάστασης. Μόλις παρατηρηθεί το αποτέλεσμα της επόμενης μέτρησης, οι εκτιμήσεις αυτές ανανεώνονται χρησιμοποιώντας ένα σταθμισμένο μέσο, δίνοντας μεγαλύτερη βαρύτητα σε εκτιμήσεις με μεγαλύτερη βεβαιότητα. Ο αλγόριθμος αυτός είναι αναδρομικός και μπορεί να λειτουργεί σε πραγματικό χρόνο, χρησιμοποιώντας μόνο τις τρέχουσες μετρήσεις εισόδου, την κατάσταση που είχε υπολογιστεί προηγουμένως και τον πίνακα αβεβαιότητας.

Στο επίπεδο 3 (Data Processing & Application Layer) γίνεται η επεξεργασία των δεδομένων και η λήψη αποφάσεων με ενημέρωση του τελικού χρήστη:

- ✚ Η λειτουργία Map-Reduce υλοποιείται σε προβλήματα μεγάλων δεδομένων (big data) μέσω δύο συναρτήσεων (Map function – Reduce function). Η εφαρμογή του Map-Reduce στο παρόν σύστημα περιγράφεται στην υποενότητα 4.2.1.
- ✚ Μετά την εφαρμογή του Map-Reduce τα χρήσιμα προς ταξινόμηση δεδομένα αποθηκεύονται εκ νέου στο Ubidots cloud storage, σε ξεχωριστά VM clusters ανάλογα με το είδος των μετρήσεων που περιλαμβάνουν.
- ✚ Ο αλγόριθμος ταξινόμησης (classification algorithm) των δεδομένων σε κάθε cluster of VMs που περιγράφεται αναλυτικά στην υποενότητα 4.2.2.
- ✚ Εφόσον έχουν κατηγοριοποιηθεί τα δεδομένα, γίνεται λήψη απόφασης ανάλογα με το συνδυασμό τους και ενεργοποιείται η διαδικασία ειδοποίησης του χρήστη μέσω της εφαρμογής όπως περιγράφεται στην υποενότητα 4.2.3.
- ✚ Στο event management αξιοποιείται το event engine που υπάρχει ήδη στην πλατφόρμα Ubidots και δίνει τη δυνατότητα όταν μία συνθήκη είναι για παράδειγμα αληθής να σταλεί κάποιο μήνυμα μέσω sms, e-mail ή ακόμα και ηχητικής κλήσης και να ειδοποιηθεί ο χρήστης ή κάποιον οικείο του αν για παράδειγμα στην εξαγωγή συμπερασμάτων βρεθεί η κατάστασή του κρίσιμη. Ουσιαστικά μπορεί να λειτουργήσει ως μία άμεση σύντομη ειδοποίηση επιπλέον της εφαρμογής.

Στην εικόνα 4 παρουσιάζεται η αρχιτεκτονική δικτύου του προτεινόμενου συστήματος: Στο κάτω επίπεδο οι αισθητήρες πραγματοποιούν τη συλλογή

δεδομένων η οποία αποστέλλεται μέσω κεραιών LTE Advanced Pro στο ανώτατο επίπεδο όπου βρίσκεται το cloud, χωρισμένο σε cluster of VMs ένα για κάθε διαφορετικό είδος μέτρησης. Ένα SDN controller (Software Defined Network) παρέχει κεντρικό έλεγχο ολόκληρου του συστήματος στο cloud.



Εικόνα 5 Αρχιτεκτονική συστήματος

4.2.1 Η Λειτουργία Map-Reduce στο Προτεινόμενο Σύστημα

Το Map-Reduce είναι ένα ευρέως γνωστό framework χρησιμοποιούμενο σε πληθώρα εφαρμογών με στόχο στον περιορισμό των δεδομένων. Στο παρόν σύστημα επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθεί λόγω της καλής εφαρμογής του σε προβλήματα με μεγάλο όγκο δεδομένων. Επιπλέον μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την επίλυση πολλών προβλημάτων παράλληλα. Συνεπώς λόγω του του γεγονότος ότι το προτεινόμενο σύστημα χειρίζεται big data και ταυτόχρονα είναι αναγκαίο να επεξεργαστεί πολλές διαφορετικές κατηγορίες μετρήσεων παράλληλα (όπως παράλληλα θα εφαρμοστεί και ο αλγόριθμος ταξινόμησης στην επόμενη ενότητα για να εφαρμοστεί ταυτόχρονα σε όλες τις κατηγορίες μετρήσεων), επιλέχθηκε αυτό το framework. Πιο αναλυτικά [169]:

Η επεξεργασία μπορεί να συμβεί σε δεδομένα που είναι αποθηκευμένα είτε σε ένα σύστημα αρχείων (μη δομημένο) είτε σε μια βάση δεδομένων (δομημένη). Το Map-Reduce μπορεί να επωφεληθεί από την τοποθεσία των δεδομένων, επεξεργάζοντάς την κοντά στον αποθηκευμένο χώρο, προκειμένου να ελαχιστοποιήσει τις δαπάνες επικοινωνίας. Στην προκειμένη περίπτωση εφαρμόζεται απευθείας στο Ubidots cloud όπου είναι αποθηκευμένα τα δεδομένα και αποτελείται από τρεις λειτουργίες:

- Λειτουργία Map: Κάθε κόμβος εφαρμόζει αυτή τη λειτουργία και εξασφαλίζει ότι μόνο ένα αντίγραφο των εισαχθέντων δεδομένων περνάει και εγγράφεται στην έξοδο ώστε να μην υπάρχουν διπλότυπα. Δηλαδή σε κάθε VM cluster εξασφαλίζεται ότι μόνο ένα αντίγραφο μετρήσεων (για παράδειγμα παλμών ή πίεσης κλπ) εγγράφεται στην έξοδο.
- Λειτουργία Shuffle: Οι κόμβοι αναδιανέμουν τα δεδομένα ανάλογα με τα κλειδιά εξόδου που δόθηκαν από τη λειτουργία Map ώστε όλα τα δεδομένα που ανήκουν στο ίδιο κλειδί να βρίσκονται στον ίδιο κόμβο.
- Λειτουργία Reduce: Οι κόμβοι επεξεργάζονται παράλληλα κάθε σύνολο δεδομένων ανά κλειδί.

Η παράλληλη λειτουργία προσφέρει επίσης κάποια δυνατότητα αποκατάστασης λόγω μερικής αποτυχίας διακομιστών ή αποθήκευσης κατά τη διάρκεια της λειτουργίας: εάν αποτύχει κάποιο Map ή κάποιο Reduce, η εργασία μπορεί να επαναπρογραμματιστεί - εφόσον τα δεδομένα εισόδου εξακολουθούν να είναι διαθέσιμα στο Ubidots cloud.

4.2.2 Ο Προτεινόμενος Αλγόριθμος Ταξινόμησης των Μετρήσεων

Όπως παρουσιάστηκε στην αρχιτεκτονική του συστήματος, οι μετρήσεις από τους αισθητήρες είναι αποθηκευμένες σε ξεχωριστά cluster of VMs ανάλογα με το είδος τους (για παράδειγμα οι μετρήσεις αρτηριακής πίεσης στο cluster of VMs 1, οι παλμοί στο cluster of VMs 2 κοκ). Ωστόσο είναι αναγκαίο να υπάρχει μία επιπλέον οργάνωση των μετρήσεων αυτών εσωτερικά σε κάθε cluster of VMs ώστε να μπορούν να πραγματοποιηθούν γρήγορα λειτουργίες όπως η ανάκτηση, η αναζήτηση και η επεξεργασία. Όταν αποθηκεύεται μία μέτρηση, αποθηκεύεται η μέτρηση του αισθητήρα, η χρονική στιγμή (timestamp), και το αναγνωριστικό ID του ασθενή/χρήστη. Επομένως ένας ασθενής έχει πολλές μετρήσεις τόσο στην ίδια όσο και σε όλες τις κατηγορίες που εναλλάσσονται με άλλους ασθενείς όπως φαίνεται στην εικόνα 5. Στην πρώτη στήλη είναι ο αύξων αριθμός της μέτρησης του αισθητήρα, στη δεύτερη η συστολική αρτηριακή πίεση, στην τρίτη η διαστολική, στην τέταρτη το timestamp και στην πέμπτη το ID του ασθενή:

1	145	75	10/27/2019 10:21:48	15783
2	167	84	10/27/2019 10:21:49	15786
3	145	109	10/27/2019 10:21:50	15789
4	167	95	10/27/2019 10:21:51	15792
5	152	83	10/27/2019 10:21:52	15795
6	131	79	10/27/2019 10:21:53	15798
7	132	95	10/27/2019 10:21:54	15801
8	118	103	10/27/2019 10:21:55	15804
9	152	95	10/27/2019 10:21:56	15807
10	176	89	10/27/2019 10:21:57	15810
11	154	102	10/27/2019 10:21:58	15813
12	132	95	10/27/2019 10:21:59	15783
13	159	79	10/27/2019 10:22:00	15786
14	180	84	10/27/2019 10:22:01	15789
15	147	101	10/27/2019 10:22:02	15792
16	186	97	10/27/2019 10:22:03	15795
17	154	83	10/27/2019 10:22:04	15798
18	178	79	10/27/2019 10:22:05	15801
19	150	99	10/27/2019 10:22:06	15804
20	159	71	10/27/2019 10:22:07	15807

Εικόνα 6 Ενδεικτικά δεδομένα μετρήσεων αρτηριακής πίεσης.

Οι μετρήσεις αυτές δεν είναι δόκιμο να ταξινομηθούν σε αυστηρά προκαθορισμένες κλάσεις λόγω της φύσης των δεδομένων, όπως θα αναλυθεί εκτενώς και στην επόμενη ενότητα. Ο αλγόριθμος που προτείνεται στη συνέχεια μετατοπίζει τα όρια των κλάσεων προσαρμοστικά ανάλογα με τη ροή των μετρήσεων που λαμβάνει ως είσοδο. Αν για

παράδειγμα αρχίσει να λαμβάνει συνεχώς χαμηλές αρτηριακές πιέσεις θα μετατοπίσει ελαφρά τις κλάσεις προς τα κάτω για να ταξινομήσει καλύτερα τον όγκο των δεδομένων και να κάνει ευκολότερη τη μελέτη τους, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι θα χάσει τις μεγαλύτερες.

Στην παρούσα εργασία υλοποιήθηκε με κάποιες παραλλαγές το πρώτο στάδιο [170] που αφορά την ταξινόμηση δεδομένων που θα περιγραφεί αναλυτικά στη συνέχεια.

Πιο συγκεκριμένα σε κάθε κατηγορία δεδομένων αποθηκευμένη σε ένα cluster of VMs εφαρμόζεται ο αλγόριθμος ταξινόμησης ο οποίος παίρνει ως είσοδο το σύνολο των δεδομένων και τις αρχικές κατά προσέγγιση μέσες τιμές των κλάσεων στις οποίες θα χωριστούν τα δεδομένα $C_k = \{C_1, C_2, \dots, C_n\}$. Τα βήματα του αλγορίθμου είναι τα εξής:

Για κάθε εισερχόμενη τιμή T υπολογίζεται η απόστασή της από το κέντρο κάθε κλάσης k όπου:

$$\mu_k = (C_k - T)^2$$

Η συνάρτηση αυτή χρησιμοποιείται για να υπολογιστεί ο τελικός βαθμός συμμετοχής E κάθε τιμής T για κάθε κλάση στο επόμενο βήμα.

Ο τελικός βαθμός συμμετοχής της τιμής εντός αντικειμένου τοποθετείται σε ένα πίνακα και υπολογίζεται από τον παρακάτω τύπο:

$$E_T = \frac{\sum_{j=1}^n (\mu_j) - \mu_i}{(n-1) * \sum_{j=1}^n (\mu_j)}, \forall \{i = 1 \text{ έως } n\}$$

Μόλις δημιουργηθεί ο πίνακας συμμετοχής τα αρχικά κεντροειδή $C_k = \{C_1, C_2, \dots, C_n\}$ επαναυπολογίζονται για την ελαχιστοποίηση του σφάλματος Αθροίσματος Τετραγώνων (Sum of Squared Error) με βάση των παρακάτω τύπο:

$$C_j = \frac{\sum_{i=1}^{i=n, j=d} (\mu_{i,j})^2 * T_j}{\sum_{i,j=1}^{i=n, j=d} (\mu_{i,j})^2}$$

Αυτή η διαδικασία επαναλαμβάνεται μέχρι η διαφορά μεταξύ των νέων κεντροειδών και των παλαιών να γίνει μικρότερη από ένα προκαθορισμένο όριο που σημαίνει ότι οι κλάσεις έχουν σταθεροποιηθεί. Όσο συνεχίζεται η ροή των δεδομένων που εισάγονται, ο αλγόριθμος ελέγχει πάντα τη διαφορά μεταξύ παλαιών και νέων κεντροειδών ακόμη και αν οι κλάσεις έχουν σταθεροποιηθεί ώστε αν για οποιοδήποτε λόγο αποσταθεροποιηθούν να επαναυπολογίσει τα κεντροειδή και να τις σταθεροποιήσει εκ

νέου (αντίστοιχα για όσο είναι σταθερές δεν πραγματοποιεί τον επιπλέον υπολογισμό και προχωράει στο επόμενο βήμα – τοποθετεί το εκάστοτε δεδομένο στην αντίστοιχη κλάση). Το γεγονός αυτό αποτελεί και μια διαφοροποίηση στην υλοποίηση από τον αρχικό αλγόριθμο ο οποίος καλούσε στην ταξινόμηση το στάδιο της αποθήκευσης και σε περίπτωση που ερχόντουσαν καινούριες τιμές είχε σταματήσει (οι κλάσεις είχαν σταθεροποιηθεί οπότε ταξινομούσε απευθείας τα καινούρια δεδομένα). Μία επιπλέον διαφοροποίηση είναι το σύστημα στο οποίο υλοποιείται καθώς στην παρούσα εργασία το cloud δε χρησιμοποιείται αποκλειστικά για αποθηκευτικούς σκοπούς αλλά έχουν μεταφερθεί εκεί όλες οι υπολογιστικές και λειτουργικές εργασίες ώστε να είναι κοντά στα δεδομένα και να γίνεται εξοικονόμηση χρόνου και χώρου. Τέλος το σύστημα αποσκοπεί στην εξαγωγή συνδυαστικών συμπερασμάτων ως προς τον ασθενή όχι προς αποκλειστική χρήση εξειδικευμένου ιατρικού προσωπικού.

Ο κώδικας που αναπτύχθηκε για την υλοποίηση του αλγορίθμου βρίσκεται στο Παράρτημα 1. Στον πίνακα 2 συγκρίνεται το προτεινόμενο μοντέλο με τη σχετική βιβλιογραφία:

Πίνακας 10. Σύγκριση με υπάρχοντα μοντέλα.

Scheme	Methodology Used	Entities Involved	Cloud/ Fog environment	Handling Big Data	Classification of records	Remote assistance	Applications
PPC [160] IEEE HITERE 2019	Privacy preserving priority (ppc) classification scheme	Healthcare center, wban user, wban gateway, (sensors)	NO	NO	YES	YES	Patient remote healthcare assistance, privacy preserving
BBN [161] IEEE IoT 2018	Embedded data mining, Bayes classifier	sensors	YES	NO	YES	YES	Health monitoring in smart homes
UMLM [162] IEEE TCBB 2017	Unsupervised learning	Electronic health records (EHR)	NO	YES	NO	NO	Prediction of the duration a patient must stay at hospital according to various parameters
MLLR [163] IEEE TCBB 2016	Private data analytics, logistic regression	Sensors, devices	YES	NO	NO	YES	Privacy preserving, train health data prediction

KNNDT [164] IEEE ICIT 2018	Data analytics, machine learning	sensors	NO	NO	YES	NO	Fall detection system
ANNKNN- SVNDTRFRoF [165] IEEE LTC 2018	Data mining	sensors	NO	NO	YES	NO	Human activity recognition (body motion recognition)
HMMLSH [166] IEEE SJ 2016	Hidden markov model	sensors	YES	YES	NO	YES	Human behavior recognition, healthcare for the elderly
MLDCM [167] IEEE TMC-2018	Machine learning	Sensors, devices	NO	NO	YES	NO	IoT device classification according to network characteristics
PNSRN [168] Elsevier DCN 2015	Game theory, vm scheduling	vehicles	YES	NO	NO	YES	Healthcare services on the move – fast health assistance
Proposed	Classification algorithm	Sensors, Vehicles, Devices	YES	YES	YES	YES	Classification of sensor data, combination of various sensor big data

4.2.3 Εφαρμογή Κανόνων για την Εξαγωγή Συνδυαστικών Συμπερασμάτων

Εφόσον η επεξεργασία των δεδομένων έχει τελειώσει και έχουν ταξινομηθεί ξεκινάει η διαδικασία εξαγωγής συμπερασμάτων από αυτά με στόχο την τελική ειδοποίηση του χρήστη. Για να γίνει αυτό, θα χρησιμοποιηθεί ένα σύνολο ασαφών κανόνων (Fuzzy Rules) αποτελούμενο από εύκολα ερμηνεύσιμες ετικέτες. Αρχικά κάθε κλάση θα αντιστοιχιστεί με μία λεκτική ετικέτα ανάλογα με την κατηγορία μετρήσεων που

περιέχει σύμφωνα με τα αποτελέσματα του αλγορίθμου μία δεδομένη χρονική στιγμή όπως φαίνεται στο παρακάτω παράδειγμα:

Πίνακας 11. Λεκτικές ετικέτες τις κλάσεις των μετρήσεων.

Κλάσεις επιπέδων σακχάρου στο αίμα	Λεκτική ετικέτα	Σύντμηση
40<	Very Low	VL
41-69	Low	L
70-127	Medium Low	ML
128-147	Medium	M
148-160	Medium High	MH
161-300	High	H
300>	Very High	VH

Αντίστοιχα, το αποτέλεσμα κάθε κανόνα είναι επίσης μία λεκτική ετικέτα που σχετίζεται με την κατάσταση της υγείας του ασθενή. Οι ετικέτες για τα αποτελέσματα των κανόνων παρουσιάζονται στον πίνακα 5:

Πίνακας 12. Λεκτικές ετικέτες για τα αποτελέσματα των κανόνων.

Λεκτική ετικέτα αποτελέσματος κανόνα	Σύντμηση
Non-Urgent	NU

Good	G
Satisfactory	SA
Standard	ST
Medium	M
Slightly Urgent	SU
Urgent	U
Very Urgent	VU
Immediate	I

Οι κανόνες συντάσσονται με τη μορφή « **IF A is Low AND B is High THEN C is Medium** », όπου A και B είναι διαφορετικές μετρήσεις (παλμοί, αρτηριακή πίεση κλπ) και C είναι το αποτέλεσμα του κανόνα, δηλαδή η κατάσταση του ασθενή. Οι μετρήσεις των αισθητήρων ανήκουν σε τρεις ευρείες κατηγορίες: μετρήσεις από αισθητήρες σώματος, μετρήσεις συνθηκών εσωτερικού χώρου και μετρήσεις συνθηκών εξωτερικού χώρου. Αρχικά θα παραχθούν όλοι συνδυασμοί κανόνων μεταξύ των μετρήσεων της ίδιας κατηγορίας (για παράδειγμα μετρήσεις αισθητήρων σώματος) και στη συνέχεια οι συνδυασμοί των κατηγοριών μεταξύ τους. Ακολουθούν μερικά παραδείγματα κανόνων από την κατηγορία μετρήσεων από αισθητήρες σώματος:

IF Pulse is ML AND Body_Temperature is M THEN Patient_Health_Status is G

IF Blood_Pressure is VH AND Pulse is H THEN Patient_Health_Status is I

IF Pulse is L AND Blood_Glucose is L THEN Patient_Health_Status is VU

Παρατηρείται ότι στους κανόνες λαμβάνεται υπ' όψιν και ο βαθμός κρισιμότητας κάθε μέτρησης. Για παράδειγμα σχετικά χαμηλοί σφυγμοί σε συνδυασμό με μέτρια θερμοκρασία δεν αποτελούν λόγο ανησυχίας για την υγεία του ασθενή αλλά χαμηλοί σφυγμοί με χαμηλά επίπεδα γλυκόζης στο αίμα χαρακτηρίζονται ως πολύ επείγον καθώς η χαμηλή γλυκόζη είναι πολύ επικίνδυνη για την υγεία και μπορεί να οδηγήσει

σε σοβαρό πρόβλημα αν δεν αντιμετωπιστεί άμεσα. Αντίστοιχα πολύ υψηλή πίεση χαρακτηρίζεται ως κρίσιμο περιστατικό που χρήζει άμεσης ιατρικής περίθαλψης.

Στο τελικό στάδιο οι κανόνες συνδυάζουν όλα τα είδη μετρήσεων ώστε να προειδοποιούν τον ασθενή όχι μόνο για την αντιμετώπιση μιας πιθανής επιβάρυνσης της υγείας του αλλά και την πρόληψη αυτής. Για παράδειγμα εάν παρουσιάζει υψηλή πίεση και οι εξωτερικές θερμοκρασίες είναι πολύ υψηλές το σύστημα θα τον ειδοποιεί ώστε να γνωρίζει ότι οι συνθήκες μπορεί να τον επιβαρύνουν. Ή εάν η εσωτερική υγρασία είναι πολύ υψηλή μπορεί να αυξήσει την ευπάθεια κάποιου ήδη καταβεβλημένου ασθενή σε μικρόβια, ή να επιβαρύνει κάποιο πιθανό αναπνευστικό πρόβλημα.

5 Αποτελέσματα Αλγορίθμου Ταξινόμησης

Όπως παρουσιάζεται και στο παράρτημα 2, ο αλγόριθμος τρέχει ξεχωριστά για κάθε είδος μέτρησης (αρτηριακή πίεση, θερμοκρασία σώματος, παλμοί κοκ) και παράγει ένα πίνακα. Στην αριστερή στήλη του πίνακα φαίνονται οι αρχικές μέσες τιμές που δόθηκαν ως είσοδο στον αλγόριθμο με την ένδειξη «The initial centroids». Ακολουθούν τα αποτελέσματα για κάθε επανάληψη που κάνει ο αλγόριθμος, όπου κάθε φορά στην αριστερή στήλη με ένδειξη «The updated centroids» είναι τα κέντρα των κλάσεων όπως

τα επαναυπολόγησε ο αλγόριθμος στην τρέχουσα επανάληψη και στις δεξιές στήλες ο βαθμός συμμετοχής κάθε μέτρησης σε κάθε κλάση. Στην πραγματικότητα για κάθε επανάληψη ο πίνακας έχει τόσες γραμμές όσες και οι κλάσεις αλλά λόγω του αριθμού των μετρήσεων (100 μετρήσεις για κάθε κατηγορία) έχει γίνει αναδίπλωση του πίνακα για λόγους χώρου. Στα σημεία όπου γίνεται αναδίπλωση κάθε φορά υπάρχουν ενδείξεις "...". Ενδεικτικά στις εικόνες 7 και 8 παρουσιάζονται τα αρχικά κεντροϊδή και η μεταβολή τους και τα αποτελέσματα της πρώτης και της τελευταίας επανάληψης για τα δεδομένα της εξωτερικής θερμοκρασίας:

The initial C values																
C0: 38																
C1: 34.5																
C2: 24																
C3: 14																
C4: 7																
	LOOP_1															
The updated C values	This is the E step															
C0: 26.8789	0.291043	0.497156	0.259402	0.263285	0.261494	0.268799	0.265106	0.27177	0.268799	0.251226	0.252595	0.248698				
C1: 25.3057	0.327762	0.499822	0.313797	0.314973	0.314395	0.317035	0.315612	0.31828	0.317035	0.313034	0.32566	0.31512				
C2: 22.1924	0.416649	0.4545	0.435217	0.431885	0.433352	0.42792	0.430493	0.426048	0.42792	0.445587	0.468327	0.453341				
C3: 19.5228	0.471637	0.336976	0.49261	0.490023	0.491215	0.486359	0.488812	0.484389	0.486359	0.498097	0.49748	0.499851				
C4: 16.7843	0.492909	0.211546	0.498974	0.499834	0.499543	0.499887	0.499978	0.499514	0.499887	0.492055	0.455937	0.482991				
	...															
	0.257068	0.25145	0.250406	0.252216	0.267857	0.255327	0.267857	0.249046	0.252923	0.25101	0.252408	0.249908				
	0.313256	0.312985	0.313306	0.325088	0.343712	0.329446	0.343712	0.314395	0.312828	0.313091	0.312855	0.321083				
	0.437544	0.445166	0.44731	0.467757	0.481532	0.471779	0.481532	0.451415	0.442722	0.446012	0.443521	0.463264				
	0.494169	0.497946	0.498657	0.497722	0.487637	0.495732	0.487637	0.499598	0.49695	0.498244	0.497297	0.49918				
	0.497964	0.492454	0.490322	0.457217	0.419261	0.447716	0.419261	0.485545	0.494577	0.491643	0.493919	0.466565				
	...															
	0.259582	0.250629	0.262564	0.257068	0.294335	0.25037	0.255862	0.265091	0.316631	0.318504	0.314779	0.299114				
	0.334668	0.322469	0.314734	0.313256	0.368752	0.321992	0.330138	0.340799	0.387691	0.389224	0.386167	0.372932				
	0.47583	0.464932	0.432463	0.437544	0.492147	0.464374	0.472357	0.479843	0.49688	0.497164	0.496584	0.493398				
	0.492992	0.498728	0.490503	0.494169	0.47041	0.498891	0.495388	0.48943	0.45585	0.454626	0.457061	0.467292				
	0.436928	0.463242	0.499736	0.497964	0.374356	0.464374	0.446255	0.424837	0.342947	0.340482	0.345409	0.367264				
	...															
	0.35482	0.316631	0.257611	0.252663	0.249518	0.274146	0.262571	0.261784	0.26029	0.248698	0.285501	0.248749				
	0.417568	0.387691	0.332321	0.312838	0.320233	0.350051	0.338058	0.337183	0.335488	0.31512	0.360808	0.318016				
	0.499971	0.49688	0.474094	0.443119	0.462166	0.484819	0.478132	0.477559	0.476407	0.453341	0.489407	0.45894				
	0.430852	0.45585	0.494263	0.497125	0.499422	0.483555	0.491061	0.49157	0.492535	0.499851	0.476167	0.499886				
	0.296789	0.342947	0.441711	0.494254	0.468662	0.407429	0.430177	0.431905	0.43528	0.482991	0.388117	0.474409				
	...															
	0.252595	0.300758	0.302428	0.261784	0.248941	0.267857	0.342292	0.375977	0.258243	0.390581	0.350616	0.292794				
	0.32566	0.374354	0.375789	0.337183	0.318701	0.343712	0.408064	0.433027	0.333085	0.443277	0.414408	0.367388				
	0.468327	0.493795	0.494182	0.477559	0.460003	0.481532	0.499539	0.499544	0.474673	0.498424	0.499885	0.491712				
	0.49748	0.466219	0.465129	0.49157	0.499773	0.487637	0.43906	0.416976	0.493856	0.407388	0.433607	0.471414				
	0.455937	0.364874	0.362472	0.431905	0.472581	0.419261	0.311045	0.274475	0.440143	0.260329	0.301484	0.376691				

Εικόνα 7 Παράδειγμα αποτελεσμάτων μετρήσεων εξωτερικής θερμοκρασίας (πρώτη επανάληψη).

The updated C values	LOOP_3	This is the E step										
C0: 24.7228	0.368935	0.446326	0.347877	0.351865	0.350128	0.356434	0.353488	0.35854	0.356434	0.334149	0.289838	0.321936
C1: 23.39	0.382903	0.430014	0.372457	0.374366	0.37353	0.376593	0.375152	0.377634	0.376593	0.366136	0.348627	0.360848
C2: 21.8469	0.402201	0.401789	0.404977	0.404373	0.404631	0.403726	0.404138	0.403444	0.403726	0.407335	0.418195	0.40981
C3: 20.7867	0.415616	0.377327	0.426358	0.424314	0.425204	0.421978	0.423484	0.420903	0.421978	0.433427	0.456638	0.439762
C4: 19.3877	0.430345	0.344544	0.448332	0.445082	0.446507	0.441269	0.443739	0.439479	0.441269	0.458953	0.486701	0.467645
...												
	0.344989	0.334756	0.331611	0.291357	0.244853	0.279979	0.244853	0.325172	0.338187	0.333532	0.337082	0.302353
	0.371095	0.366407	0.36501	0.349143	0.337435	0.345446	0.337435	0.362217	0.367954	0.365861	0.367453	0.353079
	0.405436	0.407221	0.407819	0.41773	0.436613	0.421414	0.436613	0.409118	0.406596	0.407451	0.406794	0.414575
	0.42784	0.433113	0.43474	0.455832	0.4811	0.4619	0.4811	0.438079	0.431342	0.433746	0.431912	0.450016
	0.450639	0.458502	0.460819	0.485938	0.499999	0.49126	0.499999	0.465413	0.455921	0.45941	0.456758	0.479978
...												
	0.26675	0.298458	0.351184	0.344989	0.218023	0.299786	0.278206	0.25171	0.299332	0.310059	0.289035	0.226105
	0.341717	0.351647	0.374038	0.371095	0.357922	0.352131	0.344908	0.338451	0.427302	0.433844	0.420733	0.369422
	0.426339	0.41565	0.404474	0.405436	0.478089	0.415278	0.422032	0.433031	0.499978	0.499934	0.499695	0.485433
	0.469034	0.45207	0.424663	0.42784	0.499388	0.45137	0.462851	0.477277	0.461868	0.456562	0.466922	0.496285
	0.49616	0.482174	0.445642	0.450639	0.446578	0.481436	0.492003	0.49953	0.31152	0.299601	0.323615	0.422755
...												
	0.472191	0.299332	0.272653	0.337639	0.304809	0.231138	0.258354	0.260507	0.264706	0.321936	0.215979	0.311565
	0.499547	0.427302	0.343297	0.367706	0.354002	0.336853	0.339742	0.340215	0.341205	0.360848	0.343584	0.356619
	0.462034	0.499978	0.424047	0.406694	0.41392	0.445404	0.429905	0.428953	0.427172	0.40981	0.4634	0.412205
	0.371855	0.461868	0.465839	0.431625	0.448723	0.488943	0.473615	0.472436	0.470145	0.439762	0.498616	0.445176
	0.194372	0.31152	0.494164	0.456337	0.478547	0.497662	0.498384	0.497889	0.496772	0.467645	0.478421	0.474434
...												
	0.289838	0.230145	0.234917	0.260507	0.30941	0.244853	0.434902	0.497409	0.270724	0.499939	0.46203	0.216534
	0.348627	0.37396	0.378845	0.340215	0.355772	0.337435	0.491275	0.495354	0.342765	0.487561	0.498081	0.354776
	0.418195	0.487744	0.489942	0.428953	0.412738	0.436613	0.478429	0.43996	0.424778	0.429469	0.467386	0.475583
	0.456638	0.494569	0.492478	0.472436	0.446306	0.4811	0.392269	0.356717	0.466881	0.354195	0.377525	0.49982
	0.486701	0.413582	0.403819	0.497889	0.475774	0.499999	0.203126	0.210559	0.494852	0.228837	0.194978	0.453288
...												

Εικόνα 8 Παράδειγμα αποτελεσμάτων μετρήσεων εξωτερικής θερμοκρασίας (τελευταία επανάληψη).

Παρατηρείται πως με την πάροδο των επαναλήψεων η τελική μεταβολή των κεντροειδών μπορεί να απέχει σημαντικά από τις αρχικές τιμές που δόθηκαν ως είσοδο στον αλγόριθμο. Η μεταβολή αυτή προκαλείται από τη ροή των δεδομένων που εισέρχονται. Ενδεικτικά, στην κλάση με τις χαμηλότερες θερμοκρασίες η μέση τιμή που δόθηκε ως είσοδος ήταν το 7. Στην πρώτη επανάληψη έγινε 16.8 και στην τελευταία σταθεροποιήθηκε στο 19.4. Αυτό σημαίνει ότι όλες οι χαμηλές εξωτερικές θερμοκρασίες συγκεντρώθηκαν γύρω από αυτό το νούμερο επομένως εάν η αρχική τιμή δεν προσαρμοζόταν οι χαμηλές τιμές θα συγκεντρώνονταν όλες στις αμέσως επόμενες κλάσεις και η τελευταία κλάση πιθανώς θα έμενε κενή αφού δεν εισάγονται τόσο χαμηλές καταγραφές. Αντίστοιχα επειδή ο αλγόριθμος ελέγχει διαρκώς την περίπτωση αποσταθεροποίησης των κλάσεων, αν σε νέα εισαγωγή δεδομένων καταγραφούν πολύ χαμηλές τιμές τα κεντροειδή θα επαναυπολογιστούν και η μέση τιμή της τελευταίας κλάσης θα πέσει για να προσαρμοστεί στα νέα δεδομένα. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται για όλες τις κλάσεις και όλα τα είδη μετρήσεων.

Επιπλέον ο αριθμός των επαναλήψεων διαφέρει ανάλογα με τα δεδομένα. Για παράδειγμα στην εσωτερική υγρασία με τις 100 μετρήσεις που δόθηκαν ως είσοδο στον αλγόριθμο χρειάστηκαν δύο επαναλήψεις για τη σταθεροποίηση των κλάσεων ενώ στις 100 μετρήσεις των επιπέδων σακχάρου οκτώ. Εάν είχαν δοθεί για παράδειγμα 200 ή 50 διαφορετικά δεδομένα μπορεί να χρειαζόντουσαν αντίστοιχα περισσότερες ή

λιγότερες επαναλήψεις. Κάθε μέτρηση ταξινομείται στην κλάση στην οποία έχει το μεγαλύτερο βαθμό συμμετοχής.

Στις εικόνες 9 και 10 παρουσιάζεται ένα ακόμη παράδειγμα με τα αποτελέσματα της πρώτης και της τελευταίας επανάληψης για τις μετρήσεις των παλμών:

The initial C values												
C0: 148												
C1: 110												
C2: 75												
C3: 49												
C4: 30												
LOOP_1												
The updated C values	This is the E step											
C0: 100.472	0.177338	0.356317	0.295257	0.169477	0.230117	0.318554	0.390598	0.227757	0.44355	0.390598	0.48535	0.377427
C1: 84.3897	0.409069	0.488491	0.470892	0.400881	0.4436	0.478425	0.495252	0.357837	0.5	0.495252	0.493769	0.49294
C2: 77.9242	0.496853	0.47954	0.492077	0.494332	0.499504	0.487864	0.470323	0.440588	0.452111	0.470323	0.430767	0.474064
C3: 73.1123	0.484066	0.391765	0.420546	0.48946	0.453679	0.409331	0.376496	0.479055	0.354535	0.376496	0.340044	0.382281
C4: 68.0912	0.432674	0.283887	0.321228	0.44585	0.3731	0.305825	0.267331	0.494764	0.249805	0.267331	0.250069	0.273289
...												
	0.230117	0.177338	0.295257	0.177338	0.171796	0.164384	0.318554	0.310795	0.236641	0.230117	0.177338	0.160809
	0.4436	0.409069	0.470892	0.409069	0.403525	0.370989	0.478425	0.47603	0.446841	0.4436	0.409069	0.384943
	0.499504	0.496853	0.492077	0.496853	0.495236	0.475534	0.487864	0.489347	0.499115	0.499504	0.496853	0.486729
	0.453679	0.484066	0.420546	0.484066	0.487804	0.499966	0.409331	0.413034	0.450216	0.453679	0.484066	0.497379
	0.3731	0.432674	0.321228	0.432674	0.441639	0.489126	0.305825	0.310795	0.367187	0.3731	0.432674	0.47014
...												
	0.164384	0.182366	0.206664	0.160517	0.318554	0.356317	0.348975	0.257515	0.180588	0.161226	0.195318	0.184128
	0.370989	0.361339	0.430576	0.383042	0.478425	0.488491	0.486741	0.456357	0.36185	0.376342	0.358836	0.414921
	0.475534	0.461486	0.499946	0.485521	0.487864	0.47954	0.481303	0.497272	0.462565	0.480554	0.454473	0.498178
	0.499966	0.495721	0.46652	0.498035	0.409331	0.391765	0.395121	0.439379	0.496267	0.499669	0.491394	0.479755
	0.489126	0.499088	0.396293	0.472886	0.305825	0.283887	0.28786	0.349477	0.49873	0.482208	0.499978	0.423019
...												
	0.250361	0.192192	0.161814	0.182366	0.482696	0.177338	0.163404	0.295257	0.184128	0.499631	0.167449	0.162045
	0.453231	0.421036	0.374883	0.361339	0.448163	0.409069	0.37221	0.470892	0.414921	0.472731	0.398325	0.389026
	0.497998	0.499169	0.479297	0.461486	0.400006	0.496853	0.476784	0.492077	0.498178	0.410273	0.493372	0.489078
	0.443054	0.474873	0.499856	0.495721	0.354083	0.484066	0.5	0.420546	0.479755	0.340486	0.490979	0.495733
	0.355355	0.41273	0.484149	0.499088	0.315052	0.432674	0.487602	0.321228	0.423019	0.276878	0.449876	0.464118
...												

Εικόνα 9 Παράδειγμα αποτελεσμάτων μετρήσεων παλμών (πρώτη επανάληψη).

LOOP_5												
The updated C values	This is the E step											
C0: 86.1635	0.257822	0.478729	0.499639	0.285043	0.082826	0.495359	0.464909	0.375421	0.447114	0.464909	0.433049	0.469952
C1: 79.7933	0.40287	0.414283	0.436535	0.400587	0.481612	0.424063	0.409766	0.398724	0.405749	0.409766	0.403448	0.411226
C2: 78.4758	0.426439	0.393921	0.402263	0.420442	0.499548	0.396285	0.393904	0.403615	0.394853	0.393904	0.396074	0.393809
C3: 77.2325	0.444945	0.373631	0.364904	0.436502	0.493245	0.367429	0.378447	0.407935	0.384481	0.378447	0.389169	0.376707
C4: 75.1774	0.467923	0.339437	0.29666	0.457425	0.442769	0.316864	0.352974	0.414305	0.367803	0.352974	0.378262	0.348306
...												
	0.082826	0.257822	0.499639	0.257822	0.277099	0.344835	0.495359	0.498057	0.134926	0.082826	0.257822	0.321603
	0.481612	0.40287	0.436535	0.40287	0.401174	0.398306	0.424063	0.427372	0.494977	0.481612	0.40287	0.398735
	0.499548	0.426439	0.402263	0.426439	0.422149	0.408744	0.396285	0.397598	0.497635	0.499548	0.426439	0.413042
	0.493245	0.444945	0.364904	0.444945	0.438974	0.417701	0.367429	0.366262	0.47543	0.493245	0.444945	0.425049
	0.442769	0.467923	0.29666	0.467923	0.460604	0.430414	0.316864	0.31071	0.397032	0.442769	0.467923	0.441572
...												
	0.344835	0.360627	0.127447	0.325073	0.495359	0.478729	0.48197	0.384249	0.35966	0.336414	0.366291	0.232483
	0.398306	0.398374	0.426705	0.398632	0.424063	0.414283	0.415637	0.484854	0.398361	0.398391	0.398474	0.405701
	0.408744	0.406016	0.46212	0.41238	0.396285	0.393921	0.394084	0.448527	0.406178	0.410264	0.405078	0.432402
	0.417701	0.412673	0.484181	0.423955	0.367429	0.373631	0.372474	0.397089	0.412981	0.420371	0.410862	0.452739
	0.430414	0.422311	0.499548	0.43996	0.316864	0.339437	0.335835	0.285281	0.422282	0.43456	0.419295	0.476675
...												
	0.308392	0.198626	0.338746	0.360627	0.413114	0.257822	0.342941	0.499639	0.232483	0.421112	0.292089	0.313648
	0.495507	0.410631	0.39836	0.398374	0.401094	0.40287	0.398318	0.436535	0.405701	0.401929	0.400122	0.399018
	0.467553	0.440989	0.409839	0.406016	0.398294	0.426439	0.409082	0.402263	0.432402	0.397344	0.418958	0.414588
	0.420217	0.463046	0.419632	0.412673	0.395728	0.444945	0.418302	0.364904	0.452739	0.393106	0.434305	0.427552
	0.308331	0.486709	0.433424	0.422311	0.39177	0.467923	0.431356	0.29666	0.476675	0.386509	0.454527	0.445194
...												

Εικόνα 10 Παράδειγμα αποτελεσμάτων μετρήσεων παλμών (τελευταία επανάληψη).

Σε αυτό το παράδειγμα ως προς τη μεταβολή των κεντροειδών των κλάσεων παρατηρείται μια μεταβολή και μια συγκέντρωση των δεδομένων στο κέντρο (δηλαδή στις μεσαίες κλάσεις). Τόσο η κλάση με τις πολύ υψηλές τιμές όσο και αυτή με τις πολύ χαμηλές έχουν μετατοπιστεί προς το κέντρο για να κατανεμηθούν καλύτερα τα δεδομένα. Ως προς την ταξινόμηση κάθε τιμής, για παράδειγμα της πρώτης (με βαθμούς συμμετοχής που φαίνονται στην πρώτη στήλη κάθε επανάληψης) στην πρώτη επανάληψη υψηλότερο βαθμό συμμετοχής έχει στην κλάση C2 με 0.49 ενώ στην Πέμπτη επανάληψη υψηλότερο βαθμό συμμετοχής έχει στην κλάση C4 με 0.47 όπου και εν τέλει θα ενταχθεί. Η μεταβολή αυτή συνδέεται και με τη μεταβολή του κεντροειδούς καθώς το κεντροειδές της κλάσης C2 στη πρώτη επανάληψη ήταν 77.9 (και της C4 68) ενώ της C4 στην τελευταία επανάληψη 75.1 (και της C2 78.4). Άρα ορθώς αλλάζει ο βαθμός συμμετοχής της μέτρησης και εντάσσεται στο τέλος σε διαφορετική κλάση από αυτή που αναμενόταν στην πρώτη επανάληψη του αλγορίθμου.

6 Συμπεράσματα και Προτάσεις για Μελλοντική Έρευνα

6.1 Συμπεράσματα

Στην παρούσα εργασία προτάθηκε ένα ολοκληρωμένο σύστημα συλλογής, αποθήκευσης και επεξεργασίας δεδομένων από τρία διαφορετικά είδη αισθητήρων (αισθητήρες σώματος, και αισθητήρες που μετρούν τις εσωτερικές και εξωτερικές συνθήκες). Τα δεδομένα εισέρχονται και υφίστανται επεξεργασία στην πλατφόρμα *ubidots cloud* όπου χωρίζονται σε ξεχωριστά *cluster of VMs* με βάση το είδος τους για την καλύτερη κατηγοριοποίησή τους. Σε κάθε εικονική μηχανή (VM) υλοποιείται ένας αλγόριθμος ταξινόμησης των δεδομένων σε κλάσεις. Ο αλγόριθμος δέχεται ως είσοδο το σύνολο των δεδομένων που συγκεντρώθηκαν από τον εκάστοτε αισθητήρα, καθώς και τις ενδεικτικές μέσες τιμές για τις κλάσεις που θέλουμε να δημιουργηθούν και ανάλογα με τα δεδομένα που του εισάγονται επαναυπολογίζει τις αρχικές μέσες τιμές μετατοπίζοντας τις κλάσεις μέχρι να σταθεροποιηθούν. Ως προς της υλοποίησή του αποτελεί βελτίωση του αρχικού αλγορίθμου [170] καθώς ελέγχει διαρκώς την πιθανότητα να αποσταθεροποιηθούν οι κλάσεις λόγω της συνεχούς εισόδου νέων δεδομένων. Εάν οι κλάσεις αποσταθεροποιηθούν πραγματοποιεί τους απαραίτητους επαναυπολογισμούς για την εκ νέου σταθεροποίησή τους ενώ σε αντίθετη περίπτωση δεν πραγματοποιεί κάποια ενέργεια και εισάγει τα νέα δεδομένα στις ήδη σταθεροποιημένες κλάσεις. Μετά από σύγκριση με άλλους δημοσιευμένους αλγορίθμους και μοντέλα, ο προτεινόμενος αλγόριθμος υπερτερεί των άλλων καθώς χειρίζεται παράλληλα *big data* και πραγματοποιεί την ταξινόμηση σε περιβάλλον *cloud*, διευκολύνοντας τη μελλοντική ανάκτηση, αναζήτηση και επεξεργασία τους.

Ως προς την εξαγωγή συμπερασμάτων σε κάθε κατηγορία μετρήσεων (μετρήσεις προερχόμενες από αισθητήρες σώματος, και συνθηκών εσωτερικού και εξωτερικού χώρου) αποδίδονται λεκτικές ετικέτες στις κλάσεις που προέκυψαν από την ταξινόμηση

με στόχο την ευκολότερη ερμηνεία τους και συνθέτονται κανόνες το αποτέλεσμα των οποίων είναι επίσης μία λεκτική ετικέτα ενδεικτική της κατάστασης του ασθενή ώστε να εξαχεται εύκολα συμπέρασμα για το εάν χρήζει ιατρικής περίθαλψης ή όχι, και πόσο επείγον είναι το περιστατικό. Αρχικά συνδυάζονται ανά δύο οι μετρήσεις της ίδιας κατηγορίας (για παράδειγμα όλοι συνδυασμοί μετρήσεων που προέρχονται από αισθητήρες σώματος) και στη συνέχεια οι ευρείες κατηγορίες μεταξύ τους ώστε τα συμπεράσματα να γίνουν συνδυαστικά και να μην επικεντρώνονται μόνο στη σωματική κατάσταση του ασθενή αλλά να λαμβάνονται υπ' όψιν και παράγοντες όπως η εσωτερική θερμοκρασία του χώρου στον οποίο βρίσκεται κλπ. Ο συνδυασμός αυτός θα συμβάλει στη δημιουργία μιας σφαιρικότερης εικόνας για την κατάσταση του ασθενή και σε πιθανούς εξωτερικούς παράγοντες που μπορεί να έχουν επιδράσει σε αυτή ενώ παράλληλα θα μπορεί να λειτουργήσει και αμφίδρομα προειδοποιώντας τον ασθενή για συνθήκες που μπορεί να επηρεάσουν την υγεία του.

6.2 Προτάσεις για Μελλοντική Έρευνα

Η συνέχεια της συγκεκριμένης εργασία στοχεύει στην ανάπτυξη ενός ίδιου συστήματος σαν του σεναρίου της μεταπτυχιακής εργασίας, το οποίο θα λειτουργεί σε πραγματικό χρόνο. Το σύστημα θα μπορεί να τροφοδοτείται και με πληθώρα επιπρόσθετων μετρήσεων πέραν των όσων παρουσιάστηκαν στην εργασία ώστε να γίνει όσο το δυνατόν πληρέστερο και αποτελεσματικό ως προς την εξαγωγή των τελικών συμπερασμάτων που προκύπτουν από το συνδυασμό τους.

Επιπλέον θα μελετηθεί η περαιτέρω εξέλιξη του αλγορίθμου ώστε να λαμβάνει υπ' όψιν το ιστορικό κάθε ασθενή βάσει του αναγνωριστικού ID του ώστε η ταξινόμηση να είναι πιο εξατομικευμένη στις ανάγκες του και να είναι ευκολότερη η ανίχνευση ανωμαλιών στις μετρήσεις του.

Ως προς την εξαγωγή συμπερασμάτων αυτή θα γίνει με χρήση πιο σύνθετων μοντέλων ασαφούς λογικής (Fuzzy Logic Models). Θα δημιουργηθούν ξεχωριστές βάσεις κανόνων (rule bases) για κάθε εσωτερική κατηγορία μετρήσεων (αισθητήρες σώματος, εσωτερικοί και εξωτερικοί). Στη συνέχεια θα συνδυαστούν και οι κατηγορίες μεταξύ τους για την παραγωγή σφαιρικών συμπερασμάτων. Στα πλαίσια της εργασίας δόθηκαν κάποια παραδείγματα σε μικρή κλίμακα τα οποία στο μέλλον τα μελετηθούν σε βάθος.

Μία ακόμη προσθήκη θα είναι η υλοποίηση android εφαρμογής στην οποία οι ασθενείς θα εγγράφονται και θα εισάγουν προσωπικές πληροφορίες για τη δημιουργία της καρτέλας τους. Από την εφαρμογή θα λαμβάνουν τα συνδυαστικά αποτελέσματα από την επεξεργασία των μετρήσεων των αισθητήρων ενώ θα μπορούν και να προβάλλουν τις μετρήσεις που τους αφορούν.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] D. Evans, "The Internet of things: How the next evolution of the Internet is changing everything," CISCO, San Jose, CA, USA, White Paper, 2011.
- [2] L. Atzori, A. Iera, and G. Morabito, "The Internet of Things: A survey," *Comput. Netw.*, vol. 54, no. 15, pp. 2787–2805, Oct. 2010.
- [3] R. Khan, S. U. Khan, R. Zaheer, and S. Khan, "Future Internet: The Internet of Things architecture, possible applications and key challenges," in *Proc. 10th Int. Conf. FIT*, 2012, pp. 257–260.
- [4] J. Gubbi, R. Buyya, S. Marusic, and M. Palaniswami, "Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions," *Future Gener. Comput. Syst.*, vol. 29, no. 7, pp. 1645–1660, Sep. 2013.
- [5] P. Lopez, D. Fernandez, A. J. Jara, and A. F. Skarmeta, "Survey of Internet of Things technologies for clinical environments," in *Proc. 27th Int. Conf. WAINA*, 2013, pp. 1349–1354.
- [6] D. Yang, F. Liu, and Y. Liang, "A survey of the Internet of Things," in *Proc. 1st ICEBI 2010*, pp. 358–366.
- [7] A. Gluhak et al., "A survey on facilities for experimental Internet of Things research," *IEEE Commun. Mag.*, vol. 49, no. 11, pp. 58–67, Nov. 2011.
- [8] Z. Sheng et al., "A survey on the IETF protocol suite for the Internet of Things: Standards, challenges, and opportunities," *IEEE Wireless Commun.*, vol. 20, no. 6, pp. 91–98, Dec. 2013.
- [9] J. Gantz and D. Reinsel, "The digital universe in 2020: Big data, bigger digital shadows, and biggest growth in the far east," *IDC iView: IDC Anal. Future*, vol. 2007, pp. 1–16, Dec. 2012.
- [10] S. Taylor, "The next generation of the Internet revolutionizing the way we work, live, play, and learn," CISCO, San Francisco, CA, USA, CISCO Point of View, 2013.
- [11] J. Manyika et al., *Disruptive Technologies: Advances that Will Transform Life, Business, and the Global Economy*. San Francisco, CA, USA: McKinsey Global Institut., 2013.
- [12] M. Z. Shafiq, L. Ji, A. X. Liu, J. Pang, and J. Wang, "A first look at cellular machine-to-machine traffic: Large scale measurement and characterization," in *Proc. ACM SIGMETRICS Perform. Eval. Rev.*, 2012, pp. 65–76.
- [13] D. Floyer, "Defining and sizing the industrial Internet," Wikibon, Marlborough, MA, USA, 2013.
- [14] "Commercial building automation systems," Navigant Consulting Res., Boulder, CO, USA, 2013.
- [15] S. Krco, B. Pokric, and F. Carrez, "Designing IoT architecture(s): A European perspective," in *Proc. IEEE WF-IoT*, 2014, pp. 79–84.
- [16] EU FP7 Internet of Things Architecture Project, Sep. 18, 2014. [Online]. Available: <http://www.iot-a.eu/public>

- [17] Z. Yang et al., “Study and application on the architecture and key technologies for IOT,” in Proc. ICMT, 2011, pp. 747–751.
- [18] M. Wu, T. J. Lu, F. Y. Ling, J. Sun, and H. Y. Du, “Research on the architecture of Internet of Things,” in Proc. 3rd ICACTE, 2010, pp. V5-484–V5-487.
- [19] L. Tan and N. Wang, “Future Internet: The Internet of Things,” in Proc. 3rd ICACTE, 2010, pp. V5-376–V5-380.
- [20] M. A. Chaqfeh and N. Mohamed, “Challenges in middleware solutions for the Internet of Things,” in Proc. Int. Conf. CTS, 2012, pp. 21–26.
- [21] N. Koshizuka and K. Sakamura, “Ubiquitous ID: Standards for Ubiquitous computing and the Internet of Things,” IEEE Pervasive Comput., vol. 9, no. 4, pp. 98–101, Oct.–Dec. 2010.
- [22] N. Kushalnagar, G. Montenegro, and C. Schumacher, “IPv6 over Low-Power Wireless Personal Area Networks (6LoWPANs): Overview, assumptions, problem statement, and goals,” Internet Eng. Task Force (IETF), Fremont, CA, USA, RFC4919, vol. 10, Aug. 2007.
- [23] G. Montenegro, N. Kushalnagar, J. Hui, and D. Culler, “Transmission of IPv6 packets over IEEE 802.15. 4 networks,” Internet Eng. Task Force (IETF), Fremont, CA, USA, Internet Proposed Std. RFC 4944, 2007.
- [24] K. Pilkington, “Revolv teams up with Home Depot to keep your house connected,” Centre National d’Etudes des Telecommunications (CNET), San Francisco, CA, USA, CNET—News, 2014. [Online]. Available: http://Ces.Cnet.Com/8301-35306_1-57616921/Revolv-Teams-Upwith-Home-Depot-to-Keep-Your-House-Connected/
- [25] “SmartThings | Home automation, home security, and peace of mind,” SmartThings, Palo Alto, CA, USA, Sep. 2014. [Online]. Available: <http://www.smartthings.com>
- [26] U. Rushden, Belkin Brings Your Home to Your Fingertips With WeMo Home Automation System. Los Angeles, CA, USA: Press Room Belkin, 2012.
- [27] R. Want, “An introduction to RFID technology,” IEEE Pervasive Comput., vol. 5, no. 1, pp. 25–33, Jan.–Mar. 2006.
- [28] R. Want, “Near field communication,” IEEE Pervasive Comput., vol. 10, no. 3, pp. 4–7, Jul./Sep. 2011.
- [29] R. S. Kshetrimayum, “An introduction to UWB communication systems,” IEEE Potentials, vol. 28, no. 2, pp. 9–13, Mar./Apr. 2009.
- [30] E. Ferro and F. Potorti, “Bluetooth and Wi-Fi wireless protocols: A survey and a comparison,” IEEE Wireless Commun., vol. 12, no. 1, pp. 12–26, Feb. 2005.
- [31] P. McDermott-Wells, “What is Bluetooth?” IEEE Potentials, vol. 23, no. 5, pp. 33–35, Jan. 2005.
- [32] “Press releases detail: Bluetooth technology website,” Bluetooth Technol. Website, Kirkland, WA, USA, Sep. 2014. [Online]. Available: <http://www.bluetooth.com/Pages/Press-Releases-Detail.aspx?ItemID=197>

- [33] IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks—Part 15.4: Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs), IEEE Std. 802. 15. 4-2011, 2011.
- [34] G. V. Crosby and F. Vafa, “Wireless sensor networks and LTE-A network convergence,” in Proc. IEEE 38th Conf. LCN, 2013, pp. 731–734.
- [35] A. Ghosh, R. Ratasuk, B. Mondal, N. Mangalvedhe, and T. Thomas, “LTE-Advanced: Next-generation wireless broadband technology [Invited Paper],” IEEE Wireless Commun., vol. 17, no. 3, pp. 10–22, Jun. 2010.
- [36] A. Dunkels, B. Gronvall, and T. Voigt, “Contiki—A lightweight and flexible operating system for tiny networked sensors,” in Proc. 29th Annu. IEEE Int. Conf. Local Comput. Netw., 2004, pp. 455–462.
- [37] P. Levis et al., “TinyOS: An operating system for sensor networks,” in Ambient Intelligence. New York, NY, USA: Springer-Verlag, 2005, pp. 115–148.
- [38] Q. Cao, T. Abdelzaher, J. Stankovic, and T. He, “The LiteOS operating system: Towards Unix-like abstractions for wireless sensor networks,” in Proc. Int. Conf. IPSN, 2008, pp. 233–244.
- [39] E. Baccelli, O. Hahm, M. Günes, M. Wählisch, and T. C. Schmidt, “RIOT OS: Towards an OS for the Internet of Things,” in Proc. IEEE Conf. INFOCOM WKSHPS, 2013, pp. 79–80.
- [40] Open Auto Alliance, Oct. 20, 2014. Available: <http://www.openautoalliance.net/>
- [41] X. Xiaojiang, W. Jianli, and L. Mingdong, “Services and key technologies of the Internet of Things,” ZTE Commun., Shenzhen, China, vol. 2, p. 011, 2010.
- [42] M. Gigli and S. Koo, “Internet of Things: Services and applications categorization,” Adv. Internet Things, vol. 1, no. 2, pp. 27–31, Jul. 2011.
- [43] D. J. Cook, A. S. Crandall, B. L. Thomas, and N. C. Krishnan, “CASAS: A smart home in a box,” Computer, vol. 46, no. 7, pp. 62–69, Jul. 2013.
- [44] N. Komninos, E. Philippou, and A. Pitsillides, “Survey in smart grid and smart home security: Issues, challenges and countermeasures,” IEEE Commun. Surveys Tuts., vol. 16, no. 4, pp. 1933–1954, 4th Quart. 2014.
- [45] E. Finch, “Is IP everywhere the way ahead for building automation?” Facilities, vol. 19, no. 11/12, pp. 396–403, 2001.
- [46] C. Talcott, “Cyber–physical systems and events,” in Software-Intensive Systems and New Computing Paradigms, M. Wirsing, J. Banatre, M. Hölzl, and A. Rauschmayer, Eds. New York, NY, USA: Springer Sci. Business Media, 2008, pp. 101–115.
- [47] L. Yongfu, S. Dihua, L. Weining, and Z. Xuebo, “A service-oriented architecture for the transportation cyber–physical systems,” in Proc. 31st CCC, 2012, pp. 7674–7678.
- [48] L. Ying and Z. Lingshu, “Novel design of intelligent Internet-of-vehicles management system based on cloud-computing and Internet-of-Things,” in Proc. Int. Conf. EMEIT, 2011, pp. 3190–3193.

- [49] M. Gerla, L. Eun-Kyu, G. Pau, and L. Uichin, "Internet of vehicles: From intelligent grid to autonomous cars and vehicular clouds," in Proc. IEEE WF-IoT, 2014, pp. 241–246.
- [50] A. Strange, "Toyota, Audi prepping self-driving cars," PC, New York, NY, USA, PCMag.Com: New Product Rev. 2013. [Online]. Available: <http://www.Pcmag.Com/Article2/0,2817,2413841,00.Asp>
- [51] J. Markoff, "Google cars drive themselves, in traffic," New York Times, New York, NY, USA, 2010. [Online]. Available: http://www.Nytimes.com/2010/10/10/Science/10google.Html?Pagewanted=all&_r=0
- [52] A. Del-Colle, "Volvo will test autonomous cars on Sweden's streets— Popular mechanics," Popular Mechanics, Cars, News, New York, NY, USA, 2013.
- [53] I. Ungurean, N. C. Gaitan, and V. G. Gaitan, "An IoT architecture for things from industrial environment," in Proc. 10th Int. COMM, 2014, pp. 1–4.
- [54] C. Wang, Z. Bi, and L. D. Xu, "IoT and cloud computing in automation of assembly modeling systems," IEEE Trans. Ind. Informat., vol. 10, no. 2, pp. 1426–1434, May 2014.
- [55] "Radical-7 breakthrough measurements. Radical monitor," Masimo Corp., Irvine, CA, USA, Data Sheet Radical-7, 2013.
- [56] C. Nay, "Sensors remind doctors to wash up," IBM Res., Armonk, NY, USA, 2013.
- [57] K. Michaelsen, J. L. Sanders, S. M. Zimmer, and G. M. Bump, "Overcoming patient barriers to discussing physician hand hygiene: Do patients prefer electronic reminders to other methods?" Infection Control, vol. 34, no. 9, pp. 929–934, Sep. 2013.
- [58] S. Jain et al., "A low-cost custom HF RFID system for hand washing compliance monitoring," in Proc. IEEE 8th ASICON, 2009, pp. 975–978.
- [59] Y. Yan, Y. Qian, H. Sharif, and D. Tipper, "A survey on smart grid communication infrastructures: Motivations, requirements and challenges," IEEE Commun. Surveys Tuts., vol. 15, no. 1, pp. 5–20, 1st Quart. 2013.
- [60] T. Gea, J. Paradells, M. Lamarca, and D. Roldan, "Smart cities as an application of Internet of things: Experiences and lessons learnt in Barcelona," in Proc. 7th Int. Conf. IMIS Ubiquitous Comput., 2013, pp. 552–557.
- [61] J. Jin, J. Gubbi, S. Marusic, and M. Palaniswami, "An information framework for creating a smart city through Internet of Things," IEEE Internet Things J., vol. 1, no. 2, pp. 112–121, Apr. 2014.
- [62] P. Barnaghi, W. Wang, C. Henson, and K. Taylor, "Semantics for the Internet of Things: Early progress and back to the future," Proc. IJSWIS, vol. 8, no. 1, pp. 1–21, Jan. 2012.
- [63] T. Kamiya and J. Schneider, "Efficient XML Interchange (EXI) Format 1.0," World Wide Web Consortium, Cambridge, MA, USA, Recommend. REC-Exi-20110310, 2011.

- [64] Z. Shelby, K. Hartke, C. Bormann, and B. Frank, “Constrained Application Protocol (CoAP).draft-ietf-core-coap-18,” Internet Eng. Task Force (IETF), Fremont, CA, USA, 2013.
- [65] C. Bormann, A. P. Castellani, and Z. Shelby, “CoAP: An application protocol for billions of tiny Internet nodes,” IEEE Internet Comput., vol. 16, no. 2, pp. 62–67, Mar./Apr. 2012.
- [66] R. T. Fielding, “Architectural styles and the design of network-based software architectures,” Ph.D. dissertation, Inf. Comput. Sci., Univ. California, Irvine, CA, USA, 2000.
- [67] W. Colitti, K. Steenhaut, N. De Caro, B. Buta, and V. Dobrota, “Evaluation of constrained application protocol for wireless sensor networks,” in Proc. 18th IEEE Workshop LANMAN, 2011, pp. 1–6.
- [68] C. Lerche, K. Hartke, and M. Kovatsch, “Industry adoption of the Internet of Things: A constrained application protocol survey,” in Proc. IEEE 17th Conf. ETFA, 2012, pp. 1–6.
- [69] IoT Code Recipes: RPL, mDNS and REST, Jul. 8, 2014. [Online]. Available: <http://github.com/mehdimio/IoTCodeRecipes>
- [70] D. Locke, “MQ telemetry transport (MQTT) v3. 1 protocol specification,” IBM developerWorks, Markham, ON, Canada, Tech. Lib., 2010. [Online]. Available: <Http://Www.Ibm.Com/Developerworks/WebServices/Library/Ws-Mqtt/Index.Html>
- [71] U. Hunkeler, H. L. Truong, and A. Stanford-Clark, “MQTT-S—A publish/subscribe protocol for wireless sensor networks,” in Proc. 3rd Int. Conf. COMSWARE, 2008, pp. 791–798.
- [72] P. Saint-Andre, “Extensible messaging and presence protocol (XMPP): Core,” Internet Eng. Task Force (IETF), Fremont, CA, USA, Request for Comments: 6120, 2011.
- [73] M. T. Jones, “Meet the Extensible Messaging and Presence Protocol (XMPP),” IBM developerWorks, Markham, ON, Canada, 2009.
- [74] P. Waher and Y. Doi, Efficient XML Interchange (EXI) Format, Std. XEP-0322, 2013.
- [75] “OASIS Advanced Message Queuing Protocol (AMQP) Version 1.0,” Adv. Open Std. Inf. Soc. (OASIS), Burlington, MA, USA, 2012.
- [76] Data distribution services specification, V1.2, Object Manage. Group (OMG), Needham, MA, USA, Apr. 2, 2015. [Online]. Available: <http://www.omg.org/spec/DDS/1.2/>
- [77] C. Esposito, S. Russo, and D. Di Crescenzo, “Performance assessment of OMG compliant data distribution middleware,” in Proc. IEEE IPDPS, 2008, pp. 1–8.
- [78] D. Thangavel, X. Ma, A. Valera, H. Tan, and C. K. Tan, “Performance evaluation of MQTT and CoAP via a common middleware,” in Proc. IEEE 9th Int. Conf. ISSNIP, 2014, pp. 1–6.

- [79] N. De Caro, W. Colitti, K. Steenhaut, G. Mangino, and G. Reali, "Comparison of two lightweight protocols for smartphone-based sensing," in Proc. IEEE 20th SCVT, 2013, pp. 1–6.
- [80] M. Laine and K. Säilä, "Performance evaluation of XMPP on the Web," Aalto Univ. Tech. Rep., Aalto, Finland, 2012.
- [81] J. L. Fernandes, I. C. Lopes, J. J. P. C. Rodrigues, and S. Ullah, "Performance evaluation of RESTful web services and AMQP protocol," in Proc. 5th ICUFN, 2013, pp. 810–815.
- [82] A. J. Jara, P. Martinez-Julia, and A. Skarmeta, "Light-weight multicast DNS and DNS-SD (ImDNS-SD): IPv6-based resource and service discovery for the web of things," in Proc. 6th Int. Conf. IMIS Ubiquitous Comput., 2012, pp. 731–738.
- [83] R. Klauck and M. Kirsche, "Chatty things—Making the Internet of Things readily usable for the masses with XMPP," in Proc. 8th Int. Conf. CollaborateCom, 2012, pp. 60–69.
- [84] S. Cheshire and M. Krochmal, "Multicast DNS," Internet Eng. Task Force (IETF), Fremont, CA, USA, Request for Comments: 6762, 2013.
- [85] M. Krochmal and S. Cheshire, "DNS-based service discovery," Internet Eng. Task Force (IETF), Fremont, CA, USA, Request for Comments: 6763, 2013.
- [86] J. Vasseur et al., "RPL: The IP routing protocol designed for low power and lossy networks," Internet Protocol for Smart Objects (IPSO) Alliance, San Jose, CA, USA, 2011.
- [87] T. Winter et al., "RPL: IPv6 routing protocol for low-power and lossy networks," Internet Eng. Task Force (IETF), Fremont, CA, USA, Request for Comments: 6550, 2012.
- [88] T. Clausen, U. Herberg, and M. Philipp, "A critical evaluation of the IPv6 routing protocol for low power and lossy networks (RPL)," in Proc. IEEE 7th Int. Conf. WiMob, 2011, pp. 365–372.
- [89] M. R. Palattella et al., "Standardized protocol stack for the Internet of (important) things," IEEE Commun. Surveys Tuts., vol. 15, no. 3, pp. 1389–1406, 3rd Quart. 2013.
- [90] J. Ko et al., "Connecting low-power and lossy networks to the Internet," IEEE Commun. Mag., vol. 49, no. 4, pp. 96–101, Apr. 2011.
- [91] J. W. Hui and D. E. Culler, "Extending IP to low-power, wireless personal area networks," IEEE Internet Comput., vol. 12, no. 4, pp. 37–45, Jul./Aug. 2008.
- [92] R. Frank, W. Bronzi, G. Castignani, and T. Engel, "Bluetooth low energy: An alternative technology for VANET applications," in Proc. 11th Annu. Conf. WONS, 2014, pp. 104–107.
- [93] J. Decuir, "Introducing Bluetooth smart: Part 1: A look at both classic and new technologies," IEEE Consum. Electron. Mag., vol. 3, no. 1, pp. 12–18, Jan. 2014.
- [94] E. Mackensen, M. Lai, and T. M. Wendt, "Bluetooth low energy (BLE) based wireless sensors," in IEEE Sens., 2012, pp. 1–4.

- [95] M. Siekkinen, M. Hienkari, J. K. Nurminen, and J. Nieminen, "How low energy is Bluetooth low energy? Comparative measurements with ZigBee/802.15.4," in Proc. IEEE WCNCW, 2012, pp. 232–237.
- [96] E. C. Jones and C. A. Chung, RFID and Auto-ID in Planning and Logistics: A Practical Guide for Military UID Applications. Boca Raton, FL, USA: CRC Press, 2011.
- [97] D. Minoli, Building the Internet of Things With IPv6 and MIPv6: The Evolving World of M2M Communications. New York, NY, USA: Wiley, 2013.
- [98] J. Grasso, "The EPCglobal network: Overview of design, benefits, and security," EPCglobal Inc, Position Paper, vol. 24, 2004.
- [99] M. Hasan, E. Hossain, and D. Niyato, "Random access for machineto-machine communication in LTE-Advanced networks: Issues and approaches," IEEE Commun. Mag., vol. 51, no. 6, pp. 86–93, Jun. 2013.
- [100] D. Niyato, P. Wang, and D. I. Kim, "Performance modeling and analysis of heterogeneous machine type communications," IEEE Trans. Wireless Commun., vol. 13, no. 5, pp. 2836–2849, May 2014.
- [101] C. Gomez and J. Paradells, "Wireless home automation networks: A survey of architectures and technologies," IEEE Commun. Mag., vol. 48, no. 6, pp. 92–101, Jun. 2010.
- [102] N. Accettura, L. A. Grieco, G. Boggia, and P. Camarda, "Performance analysis of the RPL routing protocol," in Proc. IEEE ICM, 2011, pp. 767–772.
- [103] E. Ancillotti, R. Bruno, and M. Conti, "RPL routing protocol in advanced metering infrastructures: An analysis of the unreliability problems," in Proc. SustainIT, 2012, pp. 1–10.
- [104] B. Cody-Kenny et al., "Performance evaluation of the 6LoWPAN protocol on MICAz and TelosB motes," in Proc. 4th ACM Workshop Perform. Monitoring Meas. Heterogeneous Wireless Wired Netw., 2009, pp. 25–30.
- [105] B. Enjian and Z. Xiaokui, "Performance evaluation of 6LoWPAN gateway used in actual network environment," in Proc. ICCECT, 2012, pp. 1036–1039.
- [106] B. B. Olyaei, J. Pirskanen, O. Raeesi, A. Hazmi, and M. Valkama, "Performance comparison between slotted IEEE 802.15.4 and IEEE 802.15.4 in IoT based applications," in Proc. IEEE 9th Int. Conf. WiMob, 2013, pp. 332–337.
- [107] J. Y. Maina, M. H. Mickle, M. R. Lovell, and L. A. Schaefer, "Application of CDMA for anti-collision and increased read efficiency of multiple RFID tags," J. Manuf. Syst., vol. 26, no. 1, pp. 37–43, Jan. 2007.
- [108] E. Vahedi, R. K. Ward, and I. F. Blake, "Performance analysis of RFID protocols: CDMA versus the standard EPC Gen-2," IEEE Trans. Autom. Sci. Eng., vol. 11, no. 4, pp. 1250–1261, Oct. 2014.
- [109] C. Withanage, R. Ashok, C. Yuen, and K. Otto, "A comparison of the popular home automation technologies," in Proc. IEEE ISGT Asia, 2014, pp. 600–605.

- [110] I. Bagci, M. Pourmirza, S. Raza, U. Roedig, and T. Voigt, "Codo: Confidential data storage for wireless sensor networks," in Proc. IEEE 9th Int. Conf. MASS, 2012, pp. 1–6.
- [111] S. Raza, S. Duquennoy, J. Höglund, U. Roedig, and T. Voigt, "Secure communication for the Internet of Things—A comparison of link-layer security and IPsec for 6LoWPAN," Security Commun. Netw., vol. 7, no. 12, pp. 2654–2668, Dec. 2012.
- [112] S. Raza et al., "Securing communication in 6LoWPAN with compressed IPsec," in Proc. Int. Conf. DCOSS, 2011, pp. 1–8.
- [113] M. Srivatsa and L. Liu, "Securing publish-subscribe overlay services with EventGuard," in Proc. 12th ACM Conf. Comput. Commun. Security, 2005, pp. 289–298.
- [114] A. B. Corman, P. Schachte, and V. Teague, "QUIP: A protocol for securing content in peer-to-peer publish/subscribe overlay networks," in Proc. 13th Australasian Conf. Comput. Sci., 2007, vol. 62, pp. 35–40.
- [115] S. Raza, H. Shafagh, K. Hewage, R. Hummen, and T. Voigt, "Lithe: Lightweight secure CoAP for the Internet of Things," IEEE Sens. J., vol. 13, no. 10, pp. 3711–3720, Oct. 2013.
- [116] MQTT NIST Cyber Security Framework, Jun. 15, 2014. [Online]. Available: <https://www.oasis-open.org/committees/download.php/52641/mqtt-nist-cybersecurity-v1.0-wd02.doc>
- [117] S. Raza, L. Wallgren, and T. Voigt, "SVELTE: Real-time intrusion detection in the Internet of Things," Ad Hoc Netw., vol. 11, no. 8, pp. 2661–2674, Nov. 2013.
- [118] IEEE Standard for a Convergent Digital Home Network for Heterogeneous Technologies, IEEE Std. 1905. 1-2013, pp. 1–93, 2013.
- [119] Y. Liu, Y. Meng, and J. Huang, "Gemini: A green deployment scheme for Internet of Things," in Proc. 22nd WOCC, 2013, pp. 338–343.
- [120] P. Sethi and S. R. Sarangi, "Internet of Things: Architectures, protocols, and applications," J. Elect. Comput. Eng., vol. 2017, Jan. 2017, Art. no. 9324035.
- [121] S. Kraijak and P. Tuwanut, "A survey on IoT architectures, protocols, applications, security, privacy, real-world implementation and future trends," in Proc. 11th Int. Conf. Wireless Commun., Netw. Mobile Comput. (WiCOM), Sep. 2015, pp. 16.
- [122] Q. Guan, C. Li, X. Guo, and B. Shen, "Infrared signal based elderly fall detection for in-home monitoring," in Proc. 9th Int. Conf. Intell. Human-Mach. Syst. Cybern. (IHMSC), Aug. 2017, pp. 373376.
- [123] L. Minvielle, M. Atiq, R. Serra, M. Mougeot, and N. Vayatis, "Fall detection using smart oor sensor and supervised learning," in Proc. 39th Annu. Int. Conf. IEEE Eng. Med. Biol. Soc. (EMBC), Jul. 2017, pp. 3445-3448.
- [124] (2017). Amazon Echo. [Online]. Available: <https://www.cnet.com/products/amazon-echo-review/>

- [125] (2017). Google Home. [Online]. Available: <https://www.cnet.com/products/google-home/review/>
- [126] A. Virmani and M. Shahzad, "Position and orientation agnostic gesture recognition using WiFi," in Proc. 15th Annu. Int. Conf. Mobile Syst., Appl., Services (MobiSys), 2017, pp. 252264.
- [127] W. Wang, A. X. Liu, M. Shahzad, K. Ling, and S. Lu, "Understanding and modeling of WiFi signal based human activity recognition," in Proc. 21st Annu. Int. Conf. Mobile Comput. Netw. (MobiCom), 2015, pp. 65-76.
- [128] D. Halperin, W. Hu, A. Sheth, and D. Wetherall, "Tool release: Gathering 802.11n traces with channel state information," ACM SIGCOMM Comput. Commun. Rev., vol. 41, no. 1, p. 53, Jan. 2011.
- [129] Y. Xie, Z. Li, and M. Li, "Precise power delay profiling with commodity WiFi," in Proc. 21st Annu. Int. Conf. Mobile Comput. Netw. (MobiCom), 2015, pp. 5364.
- [130] Y. Wang, J. Liu, Y. Chen, M. Gruteser, J. Yang, and H. Liu, "E-eyes: Device-free location-oriented activity identification using fine-grained WiFi signatures," in Proc. 20th Annu. Int. Conf. Mobile Comput. Netw. (MobiCom), 2014, pp. 617628.
- [131] H. Abdelnasser, K. A. Harras, and M. Yousef, "Ubibreathe: A ubiquitous non-invasive WiFi-based breathing estimator," in Proc. 16th ACM Int. Symp. Mobile Ad Hoc Netw. Comput. (MobiHoc), 2015, pp. 277-286.
- [132] Int. Conf. IEEE Eng. Med. Biol. Soc. (EMBC), Jul. 2017, pp. 34453448. (2017). Amazon Echo. [Online]. Available: <https://www.cnet.com/products/amazon-echo-review/>
- [133] Mahmud, S., Ahmed, S., & Shikder, K. (2019, January). A Smart Home Automation and Metering System using Internet of Things (IoT). In *2019 International Conference on Robotics, Electrical and Signal Processing Techniques (ICREST)* (pp. 451-454). IEEE.
- [134] Q. Guan, C. Li, X. Guo, and B. Shen, "Infrared signal based elderly fall detection for in-home monitoring," in Proc. 9th Int. Conf. Intell. Human-Mach. Syst. Cybern. (IHMSC), Aug. 2017, pp. 373-376.
- [135] L. Minvielle, M. Atiq, R. Serra, M. Mougeot, and N. Vayatis, "Fall detection using smart door sensor and supervised learning," in Proc. 39th Annu. Int. Conf. IEEE Eng. Med. Biol. Soc. (EMBC), Jul. 2017, pp. 3445-3448.
- [136] H. Abdelnasser, K. A. Harras, and M. Yousef, "Ubibreathe: A ubiquitous non-invasive WiFi-based breathing estimator," in Proc. 16th ACM Int. Symp. Mobile Ad Hoc Netw. Comput. (MobiHoc), 2015, pp. 277-286.
- [137] O. Kaltiokallio, H. Yigitler, R. Jäntti, and N. Patwari, "Non-invasive respiration rate monitoring using a single COTS TX-RX pair," in Proc. 13th Int. Symp. Inf. Process. Sensor Netw. (IPSN), Apr. 2014, pp. 59-69.
- [138] J. Liu, Y. Wang, Y. Chen, J. Yang, X. Chen, and J. Cheng, "Tracking vital signs during sleep leveraging off-the-shelf WiFi," in Proc. 16th ACM Int. Symp. Mobile Ad Hoc Netw. Comput. (MobiHoc), 2015, pp. 267-276.

- [139] H.Wang, D. Zhang, Y.Wang, J. Ma, Y.Wang, and S. Li, "RT-Fall: A realtime and contactless fall detection system with commodityWiFi devices," *IEEE Trans. Mobile Comput.*, vol. 16, no. 2, pp. 511-526, Feb. 2017.
- [140] Y.Wang, K.Wu, and L. M. Ni, "WiFall: Device-free fall detection by wireless networks," *IEEE Trans. Mobile Comput.*, vol. 16, no. 2, pp. 581-594, Feb. 2016.
- [141] R. Nandakumar, S. Gollakota, and N. Watson, "Contactless sleep apnea detection on smartphones," in *Proc. 13th Annu. Int. Conf. Mobile Syst., Appl., Services (MobiSys)*, 2015, pp. 45-57.
- [142] P. A. Deutsch, M. S. Simmons, and J. M. Wallace, "Cost-effectiveness of split-night polysomnography and home studies in the evaluation of obstructive sleep apnea syndrome," *J. Clin. Sleep Med.*, vol. 2, no. 2, pp. 145-153, Apr. 2006.
- [143] J. F. Masa et al., "Effectiveness of home respiratory polygraphy for the diagnosis of sleep apnoea and hypopnoea syndrome," *Thorax*, vol. 66, no. 7, pp. 567-573, May 2011.
- [144] S. R. Lord, C. Sherrington, H. B. Menz, and J. C. Close, *Falls Older People: Risk Factors Strategies Prevention*. Cambridge, U.K.: Cambridge Univ. Press, 2007.
- [145] P. Jatesiktat and W. T. Ang, "An elderly fall detection using a wrist-worn accelerometer and barometer," in *Proc. 39th Annu. Int. Conf. IEEE Eng. Med. Biol. Soc. (EMBC)*, Jul. 2017, pp. 125-130.
- [146] A. Ejupi, C. Galang, O. Aziz, E. J. Park, and S. Robinovitch, "Accuracy of a wavelet-based fall detection approach using an accelerometer and a barometric pressure sensor," in *Proc. 39th Annu. Int. Conf. IEEE Eng. Med. Biol. Soc. (EMBC)*, Jul. 2017, pp. 2150-2153.
- [147] G. Baldewijns, G. Debar, G. Mertes, T. Croonenborghs, and B. Vanrumste, "Improving the accuracy of existing camera based fall detection algorithms through late fusion," in *Proc. 39th Annu. Int. Conf. IEEE Eng. Med. Biol. Soc. (EMBC)*, Jul. 2017, pp. 2667-2671.
- [148] A. Y. Alaoui, A. El Hassouny, R. O. H. Thami, and H. Tairi, "Video based human fall detection using von mises distribution of motion vectors," in *Proc. Intell. Syst. Comput. Vis. (ISCV)*, Apr. 2017, pp. 1-5.
- [149] J. I. Choi, M. Jain, K. Srinivasan, P. Levis, and S. Katti, "Achieving single channel, full duplex wireless communication," in *Proc. 16th Annu. Int. Conf. Mobile Comput. Netw. (MobiCom)*, 2010, pp. 1-12.
- [150] J. E. Angus, "The Probability Integral Transform and Related Results," *SIAM Review*, vol. 36, no. 4, pp. 652-654, 1994.
- [151] C. P. Quesenberry, *Probability Integral Transformations*. John Wiley & Sons, Inc., 2004.
- [152] Hellenic Society of Cardiology (HSC), <https://www.hcs.gr/artiriaki-piesi.aspx>, last retrieved on October 25th 2019.
- [153] Blood pressure https://en.m.wikipedia.org/wiki/Blood_pressure, last retrieved on October 25th 2019.

- [154] Green Building Hydration Levels, <https://greenbuilding.gr/ygrasia/>, last retrieved on October 25th 2019.
- [155] Heart rate, https://en.m.wikipedia.org/wiki/Heart_rate, last retrieved on October 25th 2019.
- [156] Pulse oximetry, <https://www.cablesandsensors.com/pages/what-is-pulse-oximetry-the-definitive-guide-for-monitoring-oxygen-saturation-levels>, last retrieved on October 25th 2019.
- [157] Tiina M Ikäheimo, The effects of temperature on human health, WHO Collaborating Center in Global Change, Environment and Public health, University of Oulu 2Institute of Health Sciences, University of Oulu 2014.
- [158] Human Body Temperature, https://en.m.wikipedia.org/wiki/Human_body_temperature, last retrieved on October 25th 2019.
- [159] Blood sugar Levels, https://en.m.wikipedia.org/wiki/Blood_sugar_level, last retrieved on October 26th 2019.
- [160] Wang, G., Lu, R., & Guan, Y. L. (2019). Achieve Privacy-Preserving Priority Classification on Patient Health Data in Remote eHealthcare System. *IEEE Access*, 7, 33565-33576.
- [161] Verma, P., & Sood, S. K. (2018). Fog assisted-IoT enabled patient health monitoring in smart homes. *IEEE Internet of Things Journal*, 5(3), 1789-1796.
- [162] Stojanovic, J., Gligorijevic, D., Radosavljevic, V., Djuric, N., Grbovic, M., & Obradovic, Z. (2017). Modeling healthcare quality via compact representations of electronic health records. *IEEE/ACM Transactions on Computational Biology and Bioinformatics (TCBB)*, 14(3), 545-554.
- [163] Gong, Y., Fang, Y., & Guo, Y. (2016). Private data analytics on biomedical sensing data via distributed computation. *IEEE/ACM transactions on computational biology and bioinformatics*, 13(3), 431-444.
- [164] Bhoi, S. K., Panda, S. K., Patra, B., Pradhan, B., Priyadarshinee, P., Tripathy, S., ... & Khilar, P. M. (2018, December). FallDS-IoT: A Fall Detection System for Elderly Healthcare Based on IoT Data Analytics. In *2018 International Conference on Information Technology (ICIT)* (pp. 155-160). IEEE.
- [165] Subasi, A., Radhwan, M., Kurdi, R., & Khateeb, K. (2018, February). IoT based mobile healthcare system for human activity recognition. In *2018 15th Learning and Technology Conference (L&T)* (pp. 29-34). IEEE.
- [166] Jiang, P., Winkley, J., Zhao, C., Munnoch, R., Min, G., & Yang, L. T. (2014). An intelligent information forwarder for healthcare big data systems with distributed wearable sensors. *IEEE systems journal*, 10(3), 1147-1159.
- [167] Sivanathan, A., Gharakheili, H. H., Loi, F., Radford, A., Wijenayake, C., Vishwanath, A., & Sivaraman, V. (2018). Classifying IoT devices in smart environments using network traffic characteristics. *IEEE Transactions on Mobile Computing*.

- [168] Subasi, A., Radhwan, M., Kurdi, R., & Khateeb, K. (2018, February). IoT based mobile healthcare system for human activity recognition. In *2018 15th Learning and Technology Conference (L&T)* (pp. 29-34). IEEE.
- [169] MapReduce, <https://en.wikipedia.org/wiki/MapReduce>, last retrieved on November 11th 2019.
- [170] Jindal, A., Dua, A., Kumar, N., Das, A. K., Vasilakos, A. V., & Rodrigues, J. J. (2018). Providing healthcare-as-a-service using fuzzy rule based big data analytics in cloud computing. *IEEE journal of biomedical and health informatics*, 22(5), 1605-1618.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1

```
#include <iostream>

#include <stdio.h>

#include <cmath>

#include "ns3/core-module.h"

using namespace ns3;

NS_LOG_COMPONENT_DEFINE ("Classification");

static void classificationAlgorithm (){

double Test5[7] = { 113,82,87,95,105,120,100 }; //initial C

double Train5[100] = {

75,84,109,95,83,79,95,103,95,89,102,95,79,84,101,97,83,79,99,71,86,110,103,94,95,8

4,79,87,83,80,82,103,79,82,94,91,101,102,100,96,83,76,105,78,97,89,95,104,89,96,78,

104,90,75,83,86,106,81,99,91,95,103,94,79,105,96,91,95,101,93,101,96,102,87,76,80,

93,91,103,97,80,99,98,109,97,95,79,80,108,79,87,84,76,95,104,93,109,110,89,70

};

double M[100][7];

double E[100][7];

double ENEW[5][100];

double sum[100][7];

int diff6 = 1;

int h=1;
```

```
std::cout<<"The initial C values"<<std::endl;

for (int i = 0; i < 5; i++) {

std::cout<<"C"<<i<<": "<<Test5[i]<<std::endl;

}

std::cout<<std::endl;

while (diff6 == 1) {

for (int i = 0; i < 100; i++) {

for (int j = 0; j < 7; j++) {

double temp = Test5[j] - Train5[i];

M[i][j] = pow(temp, 2);

}

}

//std::cout<<" M:"<<std::endl;

for (int i = 0; i < 100; i++) {

for (int j = 0; j < 7; j++) {

//std::cout<<" i= %f j= %f , ", Train[i], Test[j]);

//std::cout<<" %f\n", M[i][j]);

}

}

}
```

```
int count = 0;

double temp1 = 0.0;

for (int i = 0; i < 100; i++) {

for (int k = 0; k < 7; k++) {

for (int j = 0; j < 7; j++) {

temp1 = temp1 + M[i][j];

}

sum[i][k] = temp1;

count++;

temp1 = 0.0;

}

}

for (int i = 0; i < 100; i++) {

for (int j = 0; j < 7; j++) {

E[i][j] = (sum[i][j] - M[i][j]) / (2 * sum[i][j]);

ENEW[j][i] = E[i][j];

}

}

std::cout<<"LOOP_"<<h<<std::endl<<"This is the E step"<<std::endl;
```

```
for (int i = 0; i < 7; i++) {  
  
    for (int j = 0; j < 100; j++) {  
  
        std::cout<<ENEW[i][j]<<" ";  
  
    }  
  
    std::cout<<" "<<std::endl;  
  
}  
  
double a[7];  
  
double b[7];  
  
double c[7];  
  
double temp2 = 0.0;  
  
double temp3 = 0.0;  
  
for (int i = 0; i < 7; i++) {  
  
    for (int j = 0; j < 100; j++) {  
  
        temp2 = temp2 + pow(ENEW[i][j], 2);  
  
        temp3 = temp3 + (pow(ENEW[i][j], 2) * Train5[j]);  
  
    }  
  
    a[i] = temp2;  
  
    b[i] = temp3;
```

```
temp3 = 0.0;

temp2 = 0.0;

}

int difftemp5 = 0;

std::cout<<"The updated C values"<<std::endl;

for (int i = 0; i < 7; i++) {

c[i] = b[i] / a[i];

std::cout<<"C"<<i<<": "<<c[i]<<std::endl;

}

std::cout<<std::endl;

for (int i = 0; i < 7; i++)

if (c[i] - Test5[i] < 1) {

difftemp5++;

}

if (difftemp5 == 7) {

diff6++;

}

else {
```

```
diff6 = 1;

}

for (int i = 0; i < 7; i++) {

Test5[i] = c[i];

}

h++;

}

}

int

main (int argc, char *argv[])

{

double simTime = 2.0;

Simulator::Schedule (Seconds (simTime-0.4), &classificationAlgorithm);

Simulator::Stop(Seconds(simTime));

Simulator::Run();

Simulator::Destroy();

return 0;

}
```

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2

Πίνακας 13. Πίνακας αποτελεσμάτων για τις μετρήσεις παλμών.

The initial C values												
C0: 148												
C1: 110												
C2: 75												
C3: 49												
C4: 30												
	LOOP_1											
The updated C values	This is the E step											
C0: 100.472	0.177338	0.356317	0.295257	0.169477	0.230117	0.318554	0.390598	0.227757	0.44355	0.390598	0.48535	0.377427
C1: 84.3897	0.409069	0.488491	0.470892	0.400881	0.4436	0.478425	0.495252	0.357837	0.5	0.495252	0.493769	0.49294
C2: 77.9242	0.496853	0.47954	0.492077	0.494332	0.499504	0.487864	0.470323	0.440588	0.452111	0.470323	0.430767	0.474064
C3: 73.1123	0.484066	0.391765	0.420546	0.48946	0.453679	0.409331	0.376496	0.479055	0.354535	0.376496	0.340044	0.382281
C4: 68.0912	0.432674	0.283887	0.321228	0.44585	0.3731	0.305825	0.267331	0.494764	0.249805	0.267331	0.250069	0.273289
	...											
	0.230117	0.177338	0.295257	0.177338	0.171796	0.164384	0.318554	0.310795	0.236641	0.230117	0.177338	0.160809
	0.4436	0.409069	0.470892	0.409069	0.403525	0.370989	0.478425	0.47603	0.446841	0.4436	0.409069	0.384943
	0.499504	0.496853	0.492077	0.496853	0.495236	0.475534	0.487864	0.489347	0.499115	0.499504	0.496853	0.486729
	0.453679	0.484066	0.420546	0.484066	0.487804	0.499966	0.409331	0.413034	0.450216	0.453679	0.484066	0.497379
	0.3731	0.432674	0.321228	0.432674	0.441639	0.489126	0.305825	0.310795	0.367187	0.3731	0.432674	0.47014
	...											
	0.164384	0.182366	0.206664	0.160517	0.318554	0.356317	0.348975	0.257515	0.180588	0.161226	0.195318	0.184128
	0.370989	0.361339	0.430576	0.383042	0.478425	0.488491	0.486741	0.456357	0.36185	0.376342	0.358836	0.414921
	0.475534	0.461486	0.499946	0.485521	0.487864	0.47954	0.481303	0.497272	0.462565	0.480554	0.454473	0.498178
	0.499966	0.495721	0.46652	0.498035	0.409331	0.391765	0.395121	0.439379	0.496267	0.499669	0.491394	0.479755
	0.489126	0.499088	0.396293	0.472886	0.305825	0.283887	0.28786	0.349477	0.49873	0.482208	0.499978	0.423019
	...											
	0.250361	0.192192	0.161814	0.182366	0.482696	0.177338	0.163404	0.295257	0.184128	0.499631	0.167449	0.162045
	0.453231	0.421036	0.374883	0.361339	0.448163	0.409069	0.37221	0.470892	0.414921	0.472731	0.398325	0.389026
	0.497998	0.499169	0.479297	0.461486	0.400006	0.496853	0.476784	0.492077	0.498178	0.410273	0.493372	0.489078
	0.443054	0.474873	0.499856	0.495721	0.354083	0.484066	0.5	0.420546	0.479755	0.340486	0.490979	0.495733

Διπλωματική εργασία

Ζουμή Ειρήνη

	0.355355	0.41273	0.484149	0.499088	0.315052	0.432674	0.487602	0.321228	0.423019	0.276878	0.449876	0.464118
	...											
	0.363517	0.169477	0.370558	0.272293	0.295257	0.162045	0.163011	0.499984	0.390598	0.163404	0.212102	0.201528
	0.490107	0.400881	0.49159	0.462419	0.470892	0.389026	0.39121	0.475593	0.495252	0.37221	0.43382	0.427359
	0.477741	0.494332	0.475913	0.495497	0.492077	0.489078	0.490209	0.412128	0.470323	0.476784	0.5	0.499788
	0.388502	0.48946	0.385339	0.431899	0.420546	0.495733	0.494735	0.339533	0.376496	0.5	0.463479	0.469436
	0.280133	0.44585	0.2766	0.337892	0.321228	0.464118	0.460836	0.272762	0.267331	0.487602	0.3906	0.401889
	...											
	0.201528	0.318554	0.341507	0.467896	0.310795	0.162045	0.166667	0.38411	0.272293	0.178841	0.425038	0.396882
	0.427359	0.478425	0.484858	0.498363	0.47603	0.389026	0.368768	0.49416	0.462419	0.362406	0.49932	0.496219
	0.499788	0.487864	0.483024	0.44107	0.489347	0.489078	0.473055	0.472198	0.495497	0.463664	0.459162	0.468444
	0.469436	0.409331	0.398564	0.345527	0.413034	0.495733	0.499712	0.379332	0.431899	0.496788	0.361933	0.373775
	0.401889	0.305825	0.292047	0.247144	0.310795	0.464118	0.491798	0.2702	0.337892	0.498301	0.254547	0.264681
	...											
	0.310795	0.177338	0.496312	0.161814	0.163011	0.341507	0.250361	0.193439	0.318554	0.206664	0.439252	0.348975
	0.47603	0.409069	0.464304	0.374883	0.39121	0.484858	0.453231	0.359093	0.478425	0.430576	0.49996	0.486741
	0.489347	0.496853	0.405739	0.479297	0.490209	0.483024	0.497998	0.455416	0.487864	0.499946	0.45383	0.481303
	0.413034	0.484066	0.344181	0.499856	0.494735	0.398564	0.443054	0.492052	0.409331	0.46652	0.356219	0.395121
	0.310795	0.432674	0.289464	0.484149	0.460836	0.292047	0.355355	0.5	0.305825	0.396293	0.250739	0.28786
	...											
	0.272293	0.193439	0.499983	0.162045	0.264834	0.165702	0.279867	0.160424	0.363517	0.196702	0.163011	0.250361
	0.462419	0.359093	0.477066	0.389026	0.459423	0.39586	0.465336	0.381233	0.490107	0.424176	0.39121	0.453231
	0.495497	0.455416	0.413157	0.489078	0.496438	0.492361	0.494454	0.484295	0.477741	0.499527	0.490209	0.497998
	0.431899	0.492052	0.339113	0.495733	0.435656	0.492361	0.42812	0.498587	0.388502	0.472222	0.494735	0.443054
	0.337892	0.5	0.27068	0.464118	0.343649	0.453715	0.332224	0.475461	0.280133	0.407372	0.460836	0.355355
	...											
	0.46191	0.455171	0.193439	0.49305								
	0.499126	0.499671	0.359093	0.489394								
	0.444036	0.447157	0.455416	0.424583								
	0.347639	0.350106	0.492052	0.338295								
	0.247289	0.247896	0.5	0.254678								
	LOOP_2											
The updated C values	This is the E step											
C0: 93.0689	0.145598	0.490854	0.389474	0.173903	0.121952	0.447883	0.499955	0.339814	0.490723	0.499955	0.471071	0.49855

Διπλωματική εργασία

Ζουμή Ειρήνη

C1: 81.4091	0.404345	0.46562	0.495851	0.398084	0.469436	0.485043	0.450719	0.392225	0.432971	0.450719	0.420696	0.456069
C2: 77.9449	0.462251	0.410954	0.449842	0.452471	0.499996	0.430702	0.401442	0.410378	0.394855	0.401442	0.393433	0.404418
C3: 75.1458	0.488182	0.353698	0.382555	0.479645	0.482117	0.364472	0.353794	0.422803	0.360942	0.353794	0.370534	0.353107
C4: 71.7159	0.499623	0.278874	0.282278	0.495897	0.4265	0.2719	0.294089	0.434779	0.320508	0.294089	0.344266	0.287856
...												
	0.121952	0.145598	0.389474	0.145598	0.164751	0.270833	0.447883	0.431815	0.142551	0.121952	0.145598	0.226939
	0.469436	0.404345	0.495851	0.404345	0.399832	0.389783	0.485043	0.488989	0.477479	0.469436	0.404345	0.391605
	0.499996	0.462251	0.449842	0.462251	0.455496	0.425469	0.430702	0.436448	0.499103	0.499996	0.462251	0.43674
	0.482117	0.488182	0.382555	0.488182	0.482466	0.447512	0.364472	0.369232	0.473125	0.482117	0.488182	0.46249
	0.4265	0.499623	0.282278	0.499623	0.497454	0.466403	0.2719	0.273516	0.407741	0.4265	0.499623	0.482226
...												
	0.270833	0.305089	0.092487	0.232981	0.447883	0.490854	0.486038	0.231737	0.302901	0.253991	0.318131	0.126147
	0.389783	0.390202	0.437229	0.391186	0.485043	0.46562	0.469219	0.49551	0.390129	0.390156	0.390771	0.410607
	0.425469	0.417583	0.491045	0.435105	0.430702	0.410954	0.41387	0.48694	0.418064	0.429632	0.414782	0.469941
	0.447512	0.435416	0.499542	0.460465	0.364472	0.353698	0.354592	0.4379	0.436199	0.45333	0.430721	0.493617
	0.466403	0.45171	0.479697	0.480262	0.2719	0.278874	0.276281	0.347912	0.452708	0.472889	0.445595	0.499688
...												
	0.198579	0.108296	0.25855	0.305089	0.430898	0.145598	0.266955	0.389474	0.126147	0.44832	0.182687	0.213772
	0.490866	0.419152	0.390017	0.390202	0.406761	0.404345	0.389835	0.495851	0.410607	0.411829	0.396611	0.392722
	0.49248	0.478379	0.428487	0.417583	0.39604	0.462251	0.426411	0.449842	0.469941	0.394428	0.449668	0.440402
	0.450542	0.497988	0.451764	0.435416	0.387683	0.488182	0.448859	0.382555	0.493617	0.380461	0.476892	0.466857
	0.367533	0.496184	0.471183	0.45171	0.378618	0.499623	0.46794	0.282278	0.499688	0.364962	0.494143	0.486246
...												
	0.494395	0.173903	0.496894	0.300497	0.389474	0.213772	0.206612	0.450706	0.499955	0.266955	0.182687	0.092873
	0.462226	0.398084	0.459043	0.499888	0.495851	0.392722	0.393454	0.412618	0.450719	0.389835	0.396611	0.444678
	0.408441	0.452471	0.406278	0.472858	0.449842	0.440402	0.442455	0.394254	0.401442	0.426411	0.449668	0.494635
	0.353205	0.479645	0.353031	0.412842	0.382555	0.466857	0.469205	0.379451	0.353794	0.448859	0.476892	0.497764
	0.281733	0.495897	0.284753	0.313915	0.282278	0.486246	0.488274	0.362971	0.294089	0.46794	0.494143	0.47005
...												
	0.095454	0.447883	0.479669	0.480982	0.431815	0.213772	0.27801	0.499526	0.300497	0.300615	0.495984	0.499948
	0.430466	0.485043	0.473006	0.425963	0.488989	0.392722	0.389742	0.453298	0.499888	0.390059	0.438625	0.448321
	0.487003	0.430702	0.417246	0.393694	0.436448	0.440402	0.423753	0.402818	0.472858	0.418569	0.396405	0.400259
	0.499993	0.364472	0.355988	0.3659	0.369232	0.466857	0.445006	0.353376	0.412842	0.437015	0.357852	0.354325
	0.487084	0.2719	0.27409	0.333461	0.273516	0.486246	0.463489	0.290982	0.313915	0.453741	0.311134	0.297146
...												
	0.431815	0.145598	0.441858	0.25855	0.206612	0.479669	0.198579	0.316481	0.447883	0.092487	0.492105	0.486038

Διπλωματική εργασία

Ζουμή Ειρήνη

	0.488989	0.404345	0.409816	0.390017	0.393454	0.473006	0.490866	0.390686	0.485043	0.437229	0.434246	0.469219
	0.436448	0.462251	0.39496	0.428487	0.442455	0.417246	0.49248	0.41513	0.430702	0.491045	0.395159	0.41387
	0.369232	0.488182	0.383169	0.451764	0.469205	0.355988	0.450542	0.431318	0.364472	0.499542	0.360177	0.354592
	0.273516	0.499623	0.370197	0.471183	0.488274	0.27409	0.367533	0.446384	0.2719	0.479697	0.318314	0.276281
	...											
	0.300497	0.316481	0.451983	0.213772	0.266251	0.191073	0.333071	0.238688	0.494395	0.100964	0.206612	0.198579
	0.499888	0.390686	0.413051	0.392722	0.498521	0.39537	0.49974	0.390842	0.462226	0.424441	0.393454	0.490866
	0.472858	0.41513	0.394167	0.440402	0.480273	0.447074	0.465089	0.433587	0.408441	0.482725	0.442455	0.49248
	0.412842	0.431318	0.378908	0.466857	0.425143	0.474227	0.401461	0.458542	0.353205	0.499391	0.469205	0.450542
	0.313915	0.446384	0.361891	0.486246	0.329811	0.492256	0.300639	0.478342	0.281733	0.492479	0.488274	0.367533
	...											
	0.483709	0.486502	0.316481	0.46478								
	0.427675	0.429601	0.390686	0.417894								
	0.393896	0.394187	0.41513	0.393536								
	0.364567	0.363164	0.431318	0.373357								
	0.330152	0.326545	0.446384	0.350434								
	LOOP_3											
The updated C values	This is the E step											
C0: 89.5724	0.189855	0.498683	0.46487	0.223187	0.103483	0.49399	0.489546	0.359538	0.470214	0.489546	0.451255	0.493651
C1: 80.4154	0.405246	0.434761	0.470186	0.400715	0.479705	0.452902	0.424793	0.396614	0.415065	0.424793	0.409158	0.428129
C2: 78.1198	0.445331	0.397264	0.421792	0.436297	0.499995	0.407259	0.394154	0.406537	0.393235	0.394154	0.394145	0.394982
C3: 76.1447	0.469718	0.360775	0.365968	0.459304	0.485775	0.359192	0.365583	0.41419	0.373776	0.365583	0.381177	0.363622
C4: 73.4231	0.48985	0.308517	0.277185	0.480497	0.431042	0.286658	0.325924	0.423121	0.34771	0.325924	0.364265	0.319616
	...											
	0.103483	0.189855	0.46487	0.189855	0.213032	0.309934	0.49399	0.487952	0.13717	0.103483	0.189855	0.274239
	0.479705	0.405246	0.470186	0.405246	0.401926	0.395556	0.452902	0.458067	0.489361	0.479705	0.405246	0.396608
	0.499995	0.445331	0.421792	0.445331	0.438965	0.416093	0.407259	0.41106	0.497959	0.499995	0.445331	0.423873
	0.485775	0.469718	0.365968	0.469718	0.462506	0.431046	0.359192	0.360321	0.47277	0.485775	0.469718	0.44286
	0.431042	0.48985	0.277185	0.48985	0.483572	0.44737	0.286658	0.282599	0.40274	0.431042	0.48985	0.46242
	...											
	0.309934	0.335283	0.087365	0.279428	0.49399	0.498683	0.499658	0.290246	0.333713	0.296746	0.344529	0.162586
	0.395556	0.395714	0.437705	0.396364	0.452902	0.434761	0.437548	0.499402	0.395682	0.395774	0.395967	0.410312
	0.416093	0.411019	0.48234	0.422697	0.407259	0.397264	0.398455	0.471848	0.411322	0.418882	0.409266	0.453398
	0.431046	0.422499	0.49851	0.441159	0.359192	0.360775	0.359962	0.41957	0.423032	0.435441	0.419347	0.478001

Διπλωματική εργασία

Ζουμή Ειρήνη

	0.44737	0.435485	0.49408	0.460353	0.286658	0.308517	0.304377	0.318934	0.436251	0.453157	0.430891	0.495704
	...											
	0.235768	0.131769	0.300371	0.335283	0.421079	0.189855	0.306946	0.46487	0.162586	0.433532	0.232483	0.262558
	0.499696	0.41808	0.395694	0.395714	0.402929	0.405246	0.395588	0.470186	0.410312	0.405153	0.399727	0.397271
	0.483068	0.463534	0.418106	0.411019	0.397175	0.445331	0.416716	0.421792	0.453398	0.395752	0.433915	0.426578
	0.437829	0.487005	0.434236	0.422499	0.392405	0.469718	0.432045	0.365968	0.478001	0.387832	0.456351	0.446671
	0.343638	0.499612	0.451593	0.435485	0.386412	0.48985	0.448705	0.277185	0.495704	0.377731	0.477523	0.466922
	...											
	0.497267	0.223187	0.495555	0.384136	0.46487	0.262558	0.255967	0.435293	0.489546	0.306946	0.232483	0.078229
	0.432289	0.400715	0.430091	0.490543	0.470186	0.397271	0.397716	0.405503	0.424793	0.395588	0.399727	0.446935
	0.39632	0.436297	0.395573	0.448348	0.421792	0.426578	0.428139	0.395568	0.394154	0.416716	0.433915	0.488797
	0.361682	0.459304	0.36264	0.389556	0.365968	0.446671	0.448809	0.387179	0.365583	0.432045	0.456351	0.499973
	0.312441	0.480497	0.316141	0.287417	0.277185	0.466922	0.469369	0.376456	0.325924	0.448705	0.477523	0.486067
	...											
	0.100578	0.49399	0.499998	0.460047	0.487952	0.262558	0.315394	0.49163	0.384136	0.332066	0.47732	0.487441
	0.429873	0.452902	0.4407	0.411631	0.458067	0.397271	0.395526	0.426372	0.490543	0.395651	0.417981	0.423369
	0.475751	0.407259	0.399957	0.39359	0.41106	0.426578	0.414968	0.394517	0.448348	0.411642	0.393244	0.393872
	0.495434	0.359192	0.359298	0.377791	0.360321	0.446671	0.429217	0.364607	0.389556	0.423591	0.370879	0.366539
	0.498365	0.286658	0.300047	0.356941	0.282599	0.466922	0.444896	0.322873	0.287417	0.43705	0.340576	0.328779
	...											
	0.487952	0.189855	0.428838	0.300371	0.255967	0.499998	0.235768	0.343369	0.49399	0.087365	0.471898	0.499658
	0.458067	0.405246	0.404266	0.395694	0.397716	0.4407	0.499696	0.39593	0.452902	0.437705	0.41571	0.437548
	0.41106	0.445331	0.396264	0.418106	0.428139	0.399957	0.483068	0.409483	0.407259	0.48234	0.393214	0.398455
	0.360321	0.469718	0.389564	0.434236	0.448809	0.359298	0.437829	0.419743	0.359192	0.49851	0.373097	0.359962
	0.282599	0.48985	0.381068	0.451593	0.469369	0.300047	0.343638	0.431475	0.286658	0.49408	0.346081	0.304377
	...											
	0.384136	0.343369	0.436244	0.262558	0.340838	0.240997	0.41889	0.284238	0.497267	0.115838	0.255967	0.235768
	0.490543	0.39593	0.405696	0.397271	0.496027	0.39892	0.483936	0.396165	0.432289	0.423382	0.397716	0.499696
	0.448348	0.409483	0.395471	0.426578	0.459882	0.431782	0.437991	0.42162	0.39632	0.469414	0.428139	0.483068
	0.389556	0.419743	0.386826	0.446671	0.403154	0.453631	0.379026	0.439577	0.361682	0.491436	0.448809	0.437829
	0.287417	0.431475	0.375763	0.466922	0.3001	0.474671	0.280157	0.4584	0.312441	0.49993	0.469369	0.343638
	...											
	0.462682	0.465525	0.343369	0.446102								
	0.412453	0.413391	0.39593	0.407873								
	0.393465	0.393354	0.409483	0.394553								
	0.376762	0.375643	0.419743	0.383133								

Διπλωματική εργασία

Ζουμή Ειρήνη

	0.354637	0.352087	0.431475	0.368339								
	LOOP_4											
The updated C values	This is the E step											
C0: 87.528	0.22841	0.489075	0.492323	0.259414	0.092101	0.499869	0.475798	0.369411	0.456468	0.475798	0.440162	0.480878
C1: 80.0004	0.404067	0.421113	0.449702	0.400864	0.48223	0.434378	0.41463	0.398076	0.408694	0.41463	0.405232	0.416749
C2: 78.3137	0.43409	0.394325	0.408517	0.426653	0.499956	0.399179	0.393444	0.404706	0.393974	0.393444	0.395222	0.393594
C3: 76.7876	0.455424	0.368149	0.363299	0.445737	0.489516	0.36287	0.373339	0.410231	0.38043	0.373339	0.386207	0.371401
C4: 74.471	0.478009	0.327339	0.286159	0.467332	0.436197	0.303705	0.342789	0.417575	0.360433	0.342789	0.373176	0.337378
	...											
	0.092101	0.22841	0.492323	0.22841	0.250231	0.331379	0.499869	0.499727	0.136638	0.092101	0.22841	0.302907
	0.48223	0.404067	0.449702	0.404067	0.4017	0.397481	0.434378	0.438618	0.493487	0.48223	0.404067	0.398147
	0.499956	0.43409	0.408517	0.43409	0.428797	0.411487	0.399179	0.4014	0.497481	0.499956	0.43409	0.417139
	0.489516	0.455424	0.363299	0.455424	0.448621	0.422715	0.36287	0.362354	0.473498	0.489516	0.455424	0.431912
	0.436197	0.478009	0.286159	0.478009	0.470651	0.436939	0.303705	0.297901	0.398895	0.436197	0.478009	0.449895
	...											
	0.331379	0.350969	0.103192	0.307127	0.499869	0.489075	0.491822	0.34312	0.349767	0.321001	0.358025	0.200825
	0.397481	0.397562	0.432653	0.397992	0.434378	0.421113	0.423014	0.49313	0.397544	0.397619	0.397706	0.407883
	0.411487	0.407877	0.472227	0.416272	0.399179	0.394325	0.394797	0.458808	0.408092	0.413493	0.406637	0.441207
	0.422715	0.416314	0.492473	0.430557	0.36287	0.368149	0.367001	0.406202	0.416709	0.426081	0.413994	0.463915
	0.436939	0.427277	0.499455	0.448053	0.303705	0.327339	0.323366	0.298739	0.427888	0.441806	0.423637	0.48617
	...											
	0.274729	0.16616	0.323869	0.350969	0.416146	0.22841	0.32904	0.492323	0.200825	0.425877	0.267645	0.29329
	0.498952	0.414201	0.397569	0.397562	0.401663	0.404067	0.397501	0.449702	0.407883	0.40293	0.400194	0.398573
	0.47457	0.450939	0.412932	0.407877	0.397851	0.43409	0.411934	0.408517	0.441207	0.396693	0.424771	0.419152
	0.427736	0.474383	0.425152	0.416314	0.394514	0.455424	0.423475	0.363299	0.463915	0.391172	0.443141	0.434992
	0.324013	0.494317	0.440478	0.427277	0.389827	0.478009	0.438051	0.286159	0.48617	0.383328	0.464249	0.453993
	...											
	0.4863	0.259414	0.483556	0.438403	0.492323	0.29329	0.287785	0.42727	0.475798	0.32904	0.267645	0.083963
	0.419461	0.400864	0.418018	0.474511	0.449702	0.398573	0.398861	0.40313	0.41463	0.397501	0.400194	0.442544
	0.393987	0.426653	0.393751	0.43141	0.408517	0.419152	0.420327	0.396537	0.393444	0.411934	0.424771	0.480931
	0.369273	0.445737	0.370359	0.377595	0.363299	0.434992	0.436749	0.390691	0.373339	0.423475	0.443141	0.497433
	0.330979	0.467332	0.334315	0.278082	0.286159	0.453993	0.456277	0.382371	0.342789	0.438051	0.464249	0.495129
	...											
	0.124714	0.499869	0.494452	0.447544	0.499727	0.29329	0.335634	0.478288	0.438403	0.348505	0.463076	0.473415

Διπλωματική εργασία

Ζουμή Ειρήνη

	0.424862	0.434378	0.425218	0.406671	0.438618	0.398573	0.39746	0.415627	0.474511	0.397526	0.410439	0.41374
	0.464182	0.399179	0.395447	0.394591	0.4014	0.419152	0.410683	0.393496	0.43141	0.408318	0.393646	0.393427
	0.486487	0.36287	0.365851	0.383609	0.362354	0.434992	0.421329	0.372395	0.377595	0.417123	0.378044	0.374234
	0.499755	0.303705	0.319031	0.367586	0.297901	0.453993	0.434894	0.340194	0.278082	0.428528	0.354795	0.345184
	...											
	0.499727	0.22841	0.422187	0.323869	0.287785	0.494452	0.274729	0.357142	0.499869	0.103192	0.458	0.491822
	0.438618	0.404067	0.402424	0.397569	0.398861	0.425218	0.498952	0.397685	0.434378	0.432653	0.409078	0.423014
	0.4014	0.43409	0.397119	0.412932	0.420327	0.395447	0.47457	0.40679	0.399179	0.472227	0.393887	0.394797
	0.362354	0.455424	0.392443	0.425152	0.436749	0.365851	0.427736	0.414285	0.36287	0.492473	0.37988	0.367001
	0.297901	0.478009	0.385828	0.440478	0.456277	0.319031	0.324013	0.424098	0.303705	0.499455	0.359155	0.323366
	...											
	0.438403	0.357142	0.428024	0.29329	0.398315	0.275048	0.465352	0.311012	0.4863	0.146099	0.287785	0.274729
	0.474511	0.397685	0.403241	0.398573	0.484275	0.399653	0.465167	0.397866	0.419461	0.418835	0.398861	0.498952
	0.43141	0.40679	0.396454	0.419152	0.443936	0.423112	0.42155	0.415483	0.393987	0.457077	0.420327	0.47457
	0.377595	0.414285	0.39043	0.434992	0.389375	0.440799	0.370045	0.429306	0.369273	0.480311	0.436749	0.427736
	0.278082	0.424098	0.381851	0.453993	0.284099	0.461389	0.277887	0.446333	0.330979	0.497679	0.456277	0.324013
	...											
	0.44981	0.452289	0.357142	0.43594								
	0.407152	0.407704	0.397685	0.404491								
	0.394418	0.394241	0.40679	0.395625								
	0.382806	0.381925	0.414285	0.387683								
	0.365814	0.363842	0.424098	0.376261								
	LOOP_5											
The updated C values	This is the E step											
C0: 86.1635	0.257822	0.478729	0.499639	0.285043	0.082826	0.495359	0.464909	0.375421	0.447114	0.464909	0.433049	0.469952
C1: 79.7933	0.40287	0.414283	0.436535	0.400587	0.481612	0.424063	0.409766	0.398724	0.405749	0.409766	0.403448	0.411226
C2: 78.4758	0.426439	0.393921	0.402263	0.420442	0.499548	0.396285	0.393904	0.403615	0.394853	0.393904	0.396074	0.393809
C3: 77.2325	0.444945	0.373631	0.364904	0.436502	0.493245	0.367429	0.378447	0.407935	0.384481	0.378447	0.389169	0.376707
C4: 75.1774	0.467923	0.339437	0.29666	0.457425	0.442769	0.316864	0.352974	0.414305	0.367803	0.352974	0.378262	0.348306
	...											
	0.082826	0.257822	0.499639	0.257822	0.277099	0.344835	0.495359	0.498057	0.134926	0.082826	0.257822	0.321603
	0.481612	0.40287	0.436535	0.40287	0.401174	0.398306	0.424063	0.427372	0.494977	0.481612	0.40287	0.398735
	0.499548	0.426439	0.402263	0.426439	0.422149	0.408744	0.396285	0.397598	0.497635	0.499548	0.426439	0.413042
	0.493245	0.444945	0.364904	0.444945	0.438974	0.417701	0.367429	0.366262	0.47543	0.493245	0.444945	0.425049

Διπλωματική εργασία

Ζουμή Ειρήνη

	0.442769	0.467923	0.29666	0.467923	0.460604	0.430414	0.316864	0.31071	0.397032	0.442769	0.467923	0.441572
	...											
	0.344835	0.360627	0.127447	0.325073	0.495359	0.478729	0.48197	0.384249	0.35966	0.336414	0.366291	0.232483
	0.398306	0.398374	0.426705	0.398632	0.424063	0.414283	0.415637	0.484854	0.398361	0.398391	0.398474	0.405701
	0.408744	0.406016	0.46212	0.41238	0.396285	0.393921	0.394084	0.448527	0.406178	0.410264	0.405078	0.432402
	0.417701	0.412673	0.484181	0.423955	0.367429	0.373631	0.372474	0.397089	0.412981	0.420371	0.410862	0.452739
	0.430414	0.422311	0.499548	0.43996	0.316864	0.339437	0.335835	0.285281	0.42282	0.43456	0.419295	0.476675
	...											
	0.308392	0.198626	0.338746	0.360627	0.413114	0.257822	0.342941	0.499639	0.232483	0.421112	0.292089	0.313648
	0.495507	0.410631	0.39836	0.398374	0.401094	0.40287	0.398318	0.436535	0.405701	0.401929	0.400122	0.399018
	0.467553	0.440989	0.409839	0.406016	0.398294	0.426439	0.409082	0.402263	0.432402	0.397344	0.418958	0.414588
	0.420217	0.463046	0.419632	0.412673	0.395728	0.444945	0.418302	0.364904	0.452739	0.393106	0.434305	0.427552
	0.308331	0.486709	0.433424	0.422311	0.39177	0.467923	0.431356	0.29666	0.476675	0.386509	0.454527	0.445194
	...											
	0.47564	0.285043	0.472713	0.469433	0.499639	0.313648	0.309066	0.422264	0.464909	0.342941	0.292089	0.100452
	0.413117	0.400587	0.412108	0.460714	0.436535	0.399018	0.399212	0.40206	0.409766	0.398318	0.400122	0.436348
	0.393833	0.420442	0.393801	0.420593	0.402263	0.414588	0.415494	0.397214	0.393904	0.409082	0.418958	0.472047
	0.374722	0.436502	0.375747	0.372253	0.364904	0.427552	0.428991	0.392727	0.378447	0.418302	0.434305	0.491865
	0.342688	0.457425	0.345632	0.277007	0.29666	0.445194	0.447237	0.385734	0.352974	0.431356	0.454527	0.499287
	...											
	0.153783	0.495359	0.485334	0.439343	0.498057	0.313648	0.348276	0.467353	0.469433	0.358646	0.453016	0.462612
	0.419614	0.424063	0.417226	0.404401	0.427372	0.399018	0.398295	0.410451	0.460714	0.398348	0.40692	0.409157
	0.453685	0.396285	0.394352	0.395486	0.397598	0.414588	0.408136	0.393846	0.420593	0.406349	0.394451	0.393978
	0.476468	0.367429	0.371256	0.387078	0.366262	0.427552	0.416608	0.377606	0.372253	0.413305	0.382495	0.379234
	0.496451	0.316864	0.331833	0.373692	0.31071	0.445194	0.428686	0.350744	0.277007	0.423352	0.363119	0.355019
	...											
	0.498057	0.257822	0.418068	0.338746	0.309066	0.485334	0.308392	0.365583	0.495359	0.127447	0.44847	0.48197
	0.427372	0.40287	0.401595	0.39836	0.399212	0.417226	0.495507	0.398459	0.424063	0.426705	0.406006	0.415637
	0.397598	0.426439	0.397697	0.409839	0.415494	0.394352	0.467553	0.405194	0.396285	0.46212	0.394754	0.394084
	0.366262	0.444945	0.394105	0.419632	0.428991	0.371256	0.420217	0.411089	0.367429	0.484181	0.384026	0.372474
	0.31071	0.467923	0.388534	0.433424	0.447237	0.331833	0.308331	0.419675	0.316864	0.499548	0.366745	0.335835
	...											
	0.469433	0.365583	0.422889	0.313648	0.437031	0.29837	0.487439	0.328259	0.47564	0.177661	0.309066	0.308392
	0.460714	0.398459	0.402133	0.399018	0.472366	0.39975	0.450872	0.39855	0.413117	0.414434	0.399212	0.495507
	0.420593	0.405194	0.397143	0.414588	0.43255	0.417657	0.412132	0.411778	0.393833	0.44671	0.415494	0.467553
	0.372253	0.411089	0.392522	0.427552	0.381469	0.432342	0.367445	0.422949	0.374722	0.469358	0.428991	0.420217

Διπλωματική εργασία

Ζουμή Ειρήνη

	0.277007	0.419675	0.385313	0.445194	0.276584	0.451881	0.282112	0.438464	0.342688	0.491838	0.447237	0.308331
	...											
	0.441298	0.44345	0.365583	0.429491								
	0.404721	0.405088	0.398459	0.402957								
	0.395316	0.395138	0.405194	0.396432								
	0.386426	0.385708	0.411089	0.390346								
	0.372238	0.370616	0.419675	0.380774								

Πίνακας 14. Πίνακας αποτελεσμάτων για τις μετρήσεις θερμοκρασίας σώματος.

The initial C values												
C0: 43												
C1: 38												
C2: 37												
C3: 36												
C4: 35												
C5: 30												
	LOOP_1											
The updated C values												
	This is the E step											
C0: 37.2406	0.410793	0.278861	0.187154	0.193252	0.225016	0.498155	0.371568	0.18932	0.318044	0.385514	0.472393	0.437008
C1: 36.144	0.498899	0.490584	0.454177	0.423313	0.475944	0.47048	0.499951	0.456311	0.496538	0.499952	0.48773	0.496063
C2: 35.9528	0.490088	0.499499	0.478972	0.45092	0.4934	0.453875	0.496	0.480583	0.499784	0.49423	0.472393	0.484252
C3: 35.743	0.472467	0.49727	0.49423	0.472393	0.499945	0.433579	0.482175	0.495146	0.492211	0.478972	0.45092	0.464567
C4: 35.501	0.446035	0.483898	0.499952	0.48773	0.495581	0.409594	0.458473	0.5	0.473821	0.454177	0.423313	0.437008
C5: 32.796	0.181718	0.249889	0.385514	0.472393	0.310113	0.234317	0.191833	0.378641	0.219602	0.187154	0.193252	0.181102
	...											
	0.445812	0.21327	0.324245	0.495303	0.398614	0.498829	0.256811	0.392175	0.270492	0.300455	0.410793	0.230769
	0.494596	0.414692	0.404576	0.474426	0.499587	0.457845	0.485708	0.499813	0.405152	0.404099	0.498899	0.478022
	0.481837	0.440758	0.417722	0.457724	0.492243	0.442623	0.49799	0.493261	0.425059	0.420322	0.490088	0.494505
	0.461573	0.462085	0.429893	0.436848	0.475721	0.425059	0.499107	0.477349	0.442623	0.435042	0.472467	0.5
	0.433804	0.478673	0.441091	0.411795	0.450018	0.405152	0.489058	0.452078	0.457845	0.448261	0.446035	0.494505
	0.182378	0.490521	0.482473	0.223904	0.183817	0.270492	0.271326	0.185324	0.498829	0.491821	0.181718	0.302198

Διπλωματική εργασία

Ζουμή Ειρήνη

...												
0.437008	0.498155	0.180759	0.441527	0.197932	0.378641	0.310113	0.243225	0.18932	0.181102	0.18932	0.5	
0.496063	0.47048	0.438699	0.495348	0.462859	0.5	0.495581	0.482008	0.456311	0.437008	0.456311	0.463557	
0.484252	0.453875	0.466105	0.483046	0.485276	0.495146	0.499945	0.496446	0.480583	0.464567	0.480583	0.447522	
0.464567	0.433579	0.485451	0.463056	0.497504	0.480583	0.4934	0.499778	0.495146	0.484252	0.495146	0.428571	
0.437008	0.409594	0.496735	0.435376	0.499541	0.456311	0.475944	0.492004	0.5	0.496063	0.5	0.406706	
0.181102	0.234317	0.432251	0.181647	0.356888	0.18932	0.225016	0.286539	0.378641	0.437008	0.378641	0.253644	
...												
0.297147	0.302198	0.271326	0.225016	0.5	0.378641	0.20153	0.187154	0.437008	0.270492	0.377579	0.364312	
0.40412	0.494505	0.489058	0.475944	0.463557	0.5	0.465068	0.454177	0.496063	0.405152	0.409469	0.499799	
0.420761	0.5	0.499107	0.4934	0.447522	0.495146	0.486771	0.478972	0.484252	0.425059	0.415271	0.496788	
0.435816	0.494505	0.49799	0.499945	0.428571	0.480583	0.49814	0.49423	0.464567	0.442623	0.42088	0.483741	
0.449287	0.478022	0.485708	0.495581	0.406706	0.456311	0.499173	0.499952	0.437008	0.457845	0.426298	0.460658	
0.492868	0.230769	0.256811	0.310113	0.253644	0.18932	0.349318	0.385514	0.181102	0.498829	0.450504	0.194701	
...												
0.30759	0.183817	0.255444	0.230769	0.490521	0.498155	0.378641	0.18932	0.333828	0.437008	0.263966	0.219602	
0.404128	0.450018	0.406501	0.478022	0.478673	0.47048	0.5	0.456311	0.498092	0.496063	0.48743	0.473821	
0.419441	0.475721	0.428162	0.494505	0.462085	0.453875	0.495146	0.480583	0.499152	0.484252	0.498603	0.492211	
0.433422	0.492243	0.446973	0.5	0.440758	0.433579	0.480583	0.495146	0.489614	0.464567	0.498603	0.499784	
0.446072	0.499587	0.462934	0.494505	0.414692	0.409594	0.456311	0.5	0.469479	0.437008	0.48743	0.496538	
0.489348	0.398614	0.499986	0.302198	0.21327	0.234317	0.18932	0.378641	0.209835	0.181102	0.263966	0.318044	
...												
0.432251	0.205497	0.278861	0.302198	0.297147	0.276532	0.316535	0.325959	0.184338	0.195056	0.47486	0.244272	
0.496735	0.467277	0.490584	0.494505	0.40412	0.404776	0.404304	0.497375	0.430837	0.422247	0.486817	0.407938	
0.485451	0.48822	0.499499	0.5	0.420761	0.423959	0.41846	0.499518	0.458702	0.449749	0.471272	0.430851	
0.466105	0.498691	0.49727	0.494505	0.435816	0.440986	0.431484	0.490947	0.479423	0.471272	0.449749	0.450491	
0.438699	0.498691	0.483898	0.478022	0.449287	0.455858	0.443375	0.471663	0.492998	0.486817	0.422247	0.466858	
0.180759	0.341623	0.249889	0.230769	0.492868	0.497888	0.485844	0.214538	0.453701	0.47486	0.195056	0.499591	
...												
0.181647	0.286539	0.214538	0.441527	0.257218	0.495303	0.180741	0.310113	0.286211	0.3157	0.410793	0.249889	
0.435376	0.492004	0.471663	0.495348	0.406309	0.474426	0.442256	0.495581	0.404352	0.404281	0.498899	0.483898	
0.463056	0.499778	0.490947	0.483046	0.427767	0.457724	0.469251	0.499945	0.422355	0.418546	0.490088	0.49727	
0.483046	0.496446	0.499518	0.463056	0.446439	0.436848	0.48781	0.4934	0.438482	0.43166	0.472467	0.499499	
0.495348	0.482008	0.497375	0.435376	0.462323	0.411795	0.497933	0.475944	0.452734	0.443624	0.446035	0.490584	
0.441527	0.243225	0.325959	0.181647	0.499944	0.223904	0.422009	0.225016	0.495865	0.486189	0.181718	0.278861	
...												

Διπλωματική εργασία

Ζουμή Ειρήνη

	0.185324	0.310113	0.437008	0.18932	0.472393	0.230769	0.256811	0.214538	0.437008	0.181102	0.183817	0.333828
	0.452078	0.495581	0.496063	0.456311	0.48773	0.478022	0.485708	0.471663	0.496063	0.437008	0.450018	0.498092
	0.477349	0.499945	0.484252	0.480583	0.472393	0.494505	0.49799	0.490947	0.484252	0.464567	0.475721	0.499152
	0.493261	0.4934	0.464567	0.495146	0.45092	0.5	0.499107	0.499518	0.464567	0.484252	0.492243	0.489614
	0.499813	0.475944	0.437008	0.5	0.423313	0.494505	0.489058	0.497375	0.437008	0.496063	0.499587	0.469479
	0.392175	0.225016	0.181102	0.378641	0.193252	0.302198	0.271326	0.325959	0.181102	0.437008	0.398614	0.209835
	...											
	0.392175	0.294329	0.225016	0.498155								
	0.499813	0.493312	0.475944	0.47048								
	0.493261	0.499945	0.4934	0.453875								
	0.477349	0.495523	0.499945	0.433579								
	0.452078	0.480046	0.495581	0.409594								
	0.185324	0.236845	0.310113	0.234317								
	LOOP_2											
The updated C values	This is the E step											
C0: 36.3905	0.487363	0.492208	0.299076	0.321625	0.423052	0.456374	0.495033	0.305378	0.49997	0.492558	0.470516	0.481097
C1: 35.9215	0.455775	0.491758	0.443244	0.401952	0.497451	0.433954	0.464775	0.449265	0.479408	0.461446	0.442424	0.45019
C2: 35.8423	0.448306	0.485115	0.45935	0.413514	0.499881	0.429571	0.456686	0.464807	0.471276	0.45354	0.436573	0.443298
C3: 35.7542	0.43944	0.475584	0.473936	0.425367	0.498945	0.4246	0.44685	0.478598	0.460801	0.444018	0.429827	0.435221
C4: 35.6494	0.428342	0.461675	0.486752	0.437954	0.493185	0.418655	0.434256	0.490269	0.446698	0.431933	0.421622	0.425238
C5: 33.3359	0.240773	0.09366	0.337642	0.499587	0.087487	0.336846	0.2024	0.311683	0.141847	0.216505	0.299037	0.264956
	...											
	0.478758	0.342454	0.392207	0.459229	0.48997	0.447856	0.476757	0.491271	0.373977	0.384819	0.487363	0.436624
	0.448327	0.40149	0.409323	0.435533	0.458457	0.429564	0.497844	0.459911	0.405287	0.407538	0.455775	0.499146
	0.441659	0.41037	0.412156	0.430848	0.450763	0.426094	0.493422	0.452108	0.410288	0.411244	0.448306	0.499908
	0.433877	0.419632	0.415213	0.425519	0.441568	0.42219	0.485803	0.442749	0.41562	0.415223	0.43944	0.497281
	0.424296	0.429688	0.418671	0.419126	0.429985	0.417562	0.473418	0.430916	0.421568	0.4197	0.428342	0.489748
	0.273084	0.496366	0.452429	0.329746	0.229257	0.356735	0.072757	0.223044	0.473259	0.461476	0.240773	0.077293
	...											
	0.481097	0.456374	0.293107	0.479914	0.334988	0.493817	0.499607	0.45969	0.305378	0.295311	0.305378	0.451627
	0.45019	0.433954	0.412365	0.449235	0.468788	0.463066	0.481846	0.499883	0.449265	0.410404	0.449265	0.431452
	0.443298	0.429571	0.427993	0.442456	0.481328	0.455064	0.473859	0.497725	0.464807	0.425672	0.464807	0.427575
	0.435221	0.4246	0.443376	0.434528	0.491401	0.445382	0.463424	0.492226	0.478598	0.440784	0.478598	0.423199
	0.425238	0.418655	0.458828	0.424749	0.498229	0.433043	0.449216	0.481813	0.490269	0.456085	0.490269	0.417992

Διπλωματική εργασία

Ζουμή Ειρήνη

	0.264956	0.336846	0.464331	0.269118	0.225266	0.209628	0.132047	0.068662	0.311683	0.471744	0.311683	0.348156
	...											
	0.38372	0.498762	0.488241	0.423052	0.451627	0.493817	0.348157	0.299076	0.481097	0.373977	0.406694	0.496186
	0.40729	0.484335	0.494042	0.497451	0.431452	0.463066	0.475191	0.443244	0.45019	0.405287	0.413403	0.466576
	0.411126	0.476556	0.487998	0.499881	0.427575	0.455064	0.486304	0.45935	0.443298	0.410288	0.414548	0.458413
	0.415243	0.466222	0.478956	0.498945	0.423199	0.445382	0.494727	0.473936	0.435221	0.41562	0.415794	0.448431
	0.41987	0.451964	0.465394	0.493185	0.417992	0.433043	0.499543	0.486752	0.425238	0.421568	0.417221	0.435583
	0.462752	0.122161	0.085369	0.087487	0.348156	0.209628	0.19608	0.337642	0.264956	0.473259	0.43234	0.19481
	...											
	0.387124	0.291301	0.367545	0.436624	0.462486	0.456374	0.493817	0.305378	0.499594	0.481097	0.483139	0.408444
	0.408074	0.432582	0.404164	0.499146	0.437408	0.433954	0.463066	0.449265	0.474756	0.45019	0.496104	0.49478
	0.411506	0.449253	0.409943	0.499908	0.432382	0.429571	0.455064	0.464807	0.466486	0.443298	0.490796	0.49897
	0.415198	0.464826	0.416078	0.497281	0.426644	0.4246	0.445382	0.478598	0.456065	0.435221	0.482385	0.499857
	0.419358	0.479254	0.422885	0.489748	0.419735	0.418655	0.433043	0.490269	0.442295	0.425238	0.469323	0.496057
	0.45874	0.382783	0.479385	0.077293	0.321345	0.336846	0.209628	0.311683	0.160805	0.264956	0.078253	0.101893
	...											
	0.482307	0.362538	0.492208	0.498762	0.38372	0.376345	0.389901	0.499939	0.305741	0.324057	0.469608	0.362144
	0.451194	0.481183	0.491758	0.484335	0.40729	0.40574	0.408745	0.47704	0.405144	0.401728	0.441825	0.40335
	0.444187	0.490698	0.485115	0.476556	0.411126	0.410458	0.411849	0.468817	0.418866	0.412971	0.436066	0.409788
	0.435959	0.497321	0.475584	0.466222	0.415243	0.415494	0.415194	0.458349	0.43269	0.424521	0.429434	0.416596
	0.425765	0.5	0.461675	0.451964	0.41987	0.421123	0.418971	0.444396	0.447033	0.436823	0.421378	0.424117
	0.260588	0.16826	0.09366	0.122161	0.462752	0.47084	0.45534	0.151458	0.490525	0.499899	0.301689	0.484006
	...											
	0.297744	0.495189	0.393176	0.479914	0.368349	0.459229	0.28977	0.499607	0.37993	0.389647	0.487363	0.46897
	0.408737	0.489337	0.491128	0.449235	0.404295	0.435533	0.417332	0.481846	0.406468	0.408682	0.455775	0.499146
	0.423627	0.482216	0.497124	0.442456	0.409977	0.430848	0.433586	0.473859	0.410756	0.411816	0.448306	0.495772
	0.438439	0.472317	0.499917	0.434528	0.416011	0.425519	0.449376	0.463424	0.415345	0.415193	0.43944	0.48912
	0.453544	0.458191	0.498218	0.424749	0.422712	0.419126	0.464931	0.449216	0.420489	0.419005	0.428342	0.477611
	0.477909	0.10275	0.120438	0.269118	0.478656	0.329746	0.445004	0.132047	0.467012	0.455656	0.240773	0.069381
	...											
	0.29444	0.499607	0.481097	0.305378	0.470516	0.436624	0.476757	0.393176	0.481097	0.295311	0.291301	0.499594
	0.437664	0.481846	0.45019	0.449265	0.442424	0.499146	0.497844	0.491128	0.45019	0.410404	0.432582	0.474756
	0.454138	0.473859	0.443298	0.464807	0.436573	0.499908	0.493422	0.497124	0.443298	0.425672	0.449253	0.466486
	0.469311	0.463424	0.435221	0.478598	0.429827	0.497281	0.485803	0.499917	0.435221	0.440784	0.464826	0.456065
	0.483041	0.449216	0.425238	0.490269	0.421622	0.489748	0.473418	0.498218	0.425238	0.456085	0.479254	0.442295
	0.361405	0.132047	0.264956	0.311683	0.299037	0.077293	0.072757	0.120438	0.264956	0.471744	0.382783	0.160805

Διπλωματική εργασία

Ζουμή Ειρήνη

...												
0.491271	0.49733	0.423052	0.456374									
0.459911	0.486845	0.497451	0.433954									
0.452108	0.47935	0.499881	0.429571									
0.442749	0.46919	0.498945	0.4246									
0.430916	0.454954	0.493185	0.418655									
0.223044	0.112332	0.087487	0.336846									

Πίνακας 15. Πίνακας αποτελεσμάτων για τις μετρήσεις επίπεδων οξυγόνου του αίματος.

The initial C values												
C0: 98												
C1: 93												
C2: 90												
C3: 86												
C4: 83												
	LOOP_1											
The updated C values												
	This is the E step											
C0: 92.7089	0.174298	0.485652	0.245821	0.179892	0.386076	0.328671	0.183544	0.168879	0.169399	0.34674	0.170999	0.183544
C1: 90.4051	0.410635	0.491142	0.458357	0.377616	0.496835	0.486014	0.420886	0.4	0.401639	0.490133	0.385411	0.420886
C2: 89.5476	0.481536	0.450512	0.499424	0.451483	0.487342	0.496503	0.487342	0.474174	0.47541	0.49423	0.461008	0.487342
C3: 88.3878	0.493353	0.345095	0.453314	0.497743	0.386076	0.412587	0.487342	0.497823	0.497268	0.404097	0.499912	0.487342
C4: 87.1663	0.440177	0.227599	0.343084	0.493266	0.243671	0.276224	0.420886	0.459124	0.456284	0.2648	0.48267	0.420886
	...											
	0.191824	0.219131	0.496266	0.169399	0.178707	0.216783	0.328671	0.463303	0.178707	0.48138	0.182367	0.474399
	0.372642	0.368004	0.483139	0.401639	0.378327	0.444056	0.486014	0.497706	0.378327	0.493005	0.376297	0.495298
	0.443396	0.430663	0.440257	0.47541	0.452471	0.496503	0.496503	0.463303	0.452471	0.453478	0.44956	0.45768
	0.493711	0.483102	0.34224	0.497268	0.498099	0.468531	0.412587	0.353211	0.498099	0.346522	0.496965	0.349007
	0.498428	0.4991	0.238098	0.456284	0.492395	0.374126	0.276224	0.222477	0.492395	0.225615	0.494811	0.223615
	...											
	0.169725	0.493711	0.233886	0.191824	0.183544	0.463303	0.216783	0.245821	0.291931	0.268116	0.169399	0.168467
	0.387615	0.485849	0.367403	0.372642	0.420886	0.497706	0.444056	0.458357	0.475648	0.467391	0.401639	0.391281
	0.463303	0.443396	0.425414	0.443396	0.487342	0.463303	0.496503	0.499424	0.499424	0.5	0.47541	0.466844

Διπλωματική εργασία

Ζουμή Ειρήνη

	0.5	0.342767	0.47698	0.493711	0.487342	0.353211	0.468531	0.453314	0.430259	0.442029	0.497268	0.499782
	0.479358	0.234277	0.496317	0.498428	0.420886	0.222477	0.374126	0.343084	0.302738	0.322464	0.456284	0.473626
	...											
	0.386076	0.491197	0.463303	0.178707	0.170064	0.364191	0.386076	0.191824	0.179892	0.48289	0.491197	0.175408
	0.496835	0.487868	0.497706	0.378327	0.403332	0.493501	0.496835	0.372642	0.377616	0.492395	0.487868	0.38068
	0.487342	0.445931	0.463303	0.452471	0.476645	0.491512	0.487342	0.443396	0.451483	0.452471	0.445931	0.455544
	0.386076	0.343418	0.353211	0.498099	0.49664	0.396021	0.386076	0.493711	0.497743	0.346008	0.343418	0.499014
	0.243671	0.231586	0.222477	0.492395	0.453319	0.254775	0.243671	0.498428	0.493266	0.226236	0.231586	0.489354
	...											
	0.183544	0.169399	0.20854	0.262369	0.168131	0.179892	0.285879	0.268116	0.178707	0.48289	0.493711	0.48289
	0.420886	0.401639	0.439256	0.465194	0.395403	0.377616	0.473673	0.467391	0.378327	0.492395	0.485849	0.492395
	0.487342	0.47541	0.495041	0.499964	0.47048	0.451483	0.499675	0.5	0.452471	0.452471	0.443396	0.452471
	0.487342	0.497268	0.473003	0.444911	0.499081	0.497743	0.433225	0.442029	0.498099	0.346008	0.342767	0.346008
	0.420886	0.456284	0.38416	0.327562	0.466905	0.493266	0.307548	0.322464	0.492395	0.226236	0.234277	0.226236
	...											
	0.178707	0.191824	0.48289	0.216783	0.169399	0.178707	0.48289	0.470297	0.42777	0.45804	0.170064	0.358459
	0.378327	0.372642	0.492395	0.444056	0.401639	0.378327	0.492395	0.496333	0.499972	0.498478	0.403332	0.492462
	0.452471	0.443396	0.452471	0.496503	0.47541	0.452471	0.452471	0.459883	0.476645	0.465652	0.476645	0.492462
	0.498099	0.493711	0.346008	0.468531	0.497268	0.498099	0.346008	0.350532	0.367787	0.355281	0.49664	0.39866
	0.492395	0.498428	0.226236	0.374126	0.456284	0.492395	0.226236	0.222955	0.227826	0.22255	0.453319	0.257956
	...											
	0.193242	0.220524	0.49805	0.498695	0.25121	0.48289	0.209164	0.495705	0.48289	0.193242	0.174298	0.431694
	0.372227	0.367904	0.480444	0.479112	0.460672	0.492395	0.369033	0.483816	0.492395	0.372227	0.410635	0.5
	0.442586	0.430131	0.437378	0.436031	0.499675	0.452471	0.434743	0.441016	0.452471	0.442586	0.481536	0.47541
	0.493195	0.482533	0.342037	0.342037	0.45056	0.346008	0.48711	0.342339	0.346008	0.493195	0.493353	0.36612
	0.49875	0.498908	0.242091	0.244125	0.337884	0.226236	0.49995	0.237123	0.226236	0.49875	0.440177	0.226776
	...											
	0.48289	0.183544	0.268116	0.48289	0.178707	0.334745	0.17744	0.262369	0.191824	0.493711	0.431694	0.460733
	0.492395	0.420886	0.467391	0.492395	0.378327	0.48747	0.414594	0.465194	0.372642	0.485849	0.5	0.498108
	0.452471	0.487342	0.5	0.452471	0.452471	0.4958	0.483916	0.499964	0.443396	0.443396	0.47541	0.464471
	0.346008	0.487342	0.442029	0.346008	0.498099	0.409719	0.491213	0.444911	0.493711	0.342767	0.36612	0.354216
	0.226236	0.420886	0.322464	0.226236	0.492395	0.272267	0.432837	0.327562	0.498428	0.234277	0.226776	0.222471
	...											
	0.220524	0.216783	0.268116	0.191824								
	0.367904	0.444056	0.467391	0.372642								
	0.430131	0.496503	0.5	0.443396								

Διπλωματική εργασία

Ζουμή Ειρήνη

	0.482533	0.468531	0.442029	0.493711								
	0.498908	0.374126	0.322464	0.498428								
	LOOP_2											
The updated C values	This is the E step											
C0: 91.8286	0.166385	0.481971	0.2271	0.265801	0.494474	0.445726	0.144639	0.195036	0.190373	0.468416	0.239301	0.144639
C1: 89.9621	0.396227	0.433202	0.481697	0.383604	0.472032	0.493424	0.407294	0.388963	0.389846	0.487259	0.384175	0.407294
C2: 89.4493	0.448449	0.407173	0.499922	0.417042	0.43387	0.460797	0.461617	0.436648	0.438342	0.451139	0.423295	0.461617
C3: 88.756	0.490308	0.365172	0.458513	0.453279	0.356533	0.373192	0.497589	0.479994	0.481702	0.365064	0.463425	0.497589
C4: 87.8975	0.498631	0.312482	0.332767	0.480274	0.243092	0.226861	0.488861	0.499359	0.499737	0.228122	0.489805	0.488861
	...											
	0.285657	0.313781	0.472306	0.190373	0.263225	0.152055	0.445726	0.492599	0.263225	0.4846	0.270711	0.488175
	0.384059	0.385876	0.426947	0.389846	0.383598	0.450059	0.493424	0.44262	0.383598	0.435191	0.38365	0.438192
	0.413026	0.408227	0.404552	0.438342	0.417603	0.492415	0.460797	0.41198	0.417603	0.408103	0.415998	0.409593
	0.44559	0.434584	0.369509	0.481702	0.454271	0.490521	0.373192	0.360152	0.454271	0.363964	0.451384	0.362292
	0.471668	0.457532	0.326686	0.499737	0.481303	0.414949	0.226861	0.292649	0.481303	0.308142	0.478257	0.301748
	...											
	0.232284	0.475355	0.32478	0.285657	0.144639	0.492599	0.152055	0.2271	0.370374	0.299895	0.190373	0.220897
	0.384578	0.428776	0.386948	0.384059	0.407294	0.44262	0.450059	0.481697	0.499999	0.495524	0.389846	0.385488
	0.425142	0.405269	0.406624	0.413026	0.461617	0.41198	0.492415	0.499922	0.482333	0.494419	0.438342	0.428333
	0.466086	0.368155	0.430244	0.44559	0.497589	0.360152	0.490521	0.458513	0.401553	0.429126	0.481702	0.47038
	0.491909	0.322444	0.451405	0.471668	0.488861	0.292649	0.414949	0.332767	0.245741	0.281035	0.499737	0.494901
	...											
	0.494474	0.477759	0.492599	0.263225	0.185636	0.483313	0.494474	0.285657	0.265801	0.483717	0.477759	0.254977
	0.472032	0.430304	0.44262	0.383598	0.390843	0.480626	0.472032	0.384059	0.383604	0.434505	0.430304	0.383665
	0.43387	0.4059	0.41198	0.417603	0.440138	0.442838	0.43387	0.413026	0.417042	0.407777	0.4059	0.419465
	0.356533	0.367079	0.360152	0.454271	0.483427	0.359983	0.356533	0.44559	0.453279	0.364371	0.367079	0.45744
	0.243092	0.318959	0.292649	0.481303	0.499956	0.233241	0.243092	0.471668	0.480274	0.30963	0.318959	0.484453
	...											
	0.144639	0.190373	0.140545	0.281187	0.208461	0.265801	0.353879	0.299895	0.263225	0.483717	0.475355	0.483717
	0.407294	0.389846	0.439388	0.492924	0.386888	0.383604	0.499722	0.495524	0.383598	0.434505	0.428776	0.434505
	0.461617	0.438342	0.486852	0.496556	0.432126	0.417042	0.485745	0.494419	0.417603	0.407777	0.405269	0.407777
	0.497589	0.481702	0.496003	0.436585	0.47503	0.453279	0.40793	0.429126	0.454271	0.364371	0.368155	0.364371
	0.488861	0.499737	0.437211	0.292748	0.497495	0.480274	0.252724	0.281035	0.481303	0.30963	0.322444	0.30963
	...											

Διπλωματική εργασία

Ζουμή Ειρήνη

	0.263225	0.285657	0.483717	0.152055	0.190373	0.263225	0.483717	0.489965	0.499742	0.494282	0.185636	0.479085
	0.383598	0.384059	0.434505	0.450059	0.389846	0.383598	0.434505	0.439864	0.456002	0.444642	0.390843	0.482845
	0.417603	0.413026	0.407777	0.492415	0.438342	0.417603	0.407777	0.410468	0.420558	0.413143	0.440138	0.445449
	0.454271	0.44559	0.364371	0.490521	0.481702	0.454271	0.364371	0.361438	0.356084	0.359305	0.483427	0.361392
	0.481303	0.471668	0.30963	0.414949	0.499737	0.481303	0.30963	0.298265	0.267614	0.288627	0.499956	0.231229
	...											
	0.287543	0.314904	0.469436	0.468067	0.244472	0.483717	0.305064	0.473051	0.483717	0.287543	0.166385	0.499428
	0.384139	0.385976	0.425321	0.424575	0.485966	0.434505	0.38517	0.427384	0.434505	0.384139	0.396227	0.45453
	0.412672	0.408056	0.40395	0.403685	0.499344	0.407777	0.409606	0.40472	0.407777	0.412672	0.448449	0.419511
	0.444856	0.434142	0.370774	0.371374	0.451405	0.364371	0.438009	0.369179	0.364371	0.444856	0.490308	0.35635
	0.47079	0.456921	0.330519	0.332298	0.318812	0.30963	0.46215	0.325666	0.30963	0.47079	0.498631	0.270181
	...											
	0.483717	0.144639	0.299895	0.483717	0.263225	0.454283	0.15705	0.281187	0.285657	0.475355	0.499428	0.493451
	0.434505	0.407294	0.495524	0.434505	0.383598	0.491473	0.399972	0.492924	0.384059	0.428776	0.45453	0.443612
	0.407777	0.461617	0.494419	0.407777	0.417603	0.457438	0.453339	0.496556	0.413026	0.405269	0.419511	0.412544
	0.364371	0.497589	0.429126	0.364371	0.454271	0.37009	0.493533	0.436585	0.44559	0.368155	0.35635	0.359727
	0.30963	0.488861	0.281035	0.30963	0.481303	0.226716	0.496106	0.292748	0.471668	0.322444	0.270181	0.290666
	...											
	0.314904	0.152055	0.299895	0.285657								
	0.385976	0.450059	0.495524	0.384059								
	0.408056	0.492415	0.494419	0.413026								
	0.434142	0.490521	0.429126	0.44559								
	0.456921	0.414949	0.281035	0.471668								

Πίνακας 16. Πίνακας αποτελεσμάτων για τις μετρήσεις αρτηριακής πίεσης (διαστολή).

The initial C values												
C0: 113												
C1: 82												
C2: 87												
C3: 95												
C4: 105												
C5: 120												
C6: 100												

Διτλωματική εργασία

Ζουμή Ειρήνη

	LOOP_1											
The updated C values	This is the E step											
C0: 93.374	0.370771	0.358322	0.495131	0.376052	0.359507	0.365048	0.376052	0.457008	0.376052	0.356216	0.446555	0.376052
C1: 88.4674	0.495615	0.499326	0.27815	0.435348	0.499844	0.498949	0.435348	0.310404	0.435348	0.487768	0.323322	0.435348
C2: 89.9396	0.487113	0.498484	0.352708	0.475516	0.497502	0.492529	0.475516	0.38994	0.475516	0.499001	0.400618	0.475516
C3: 91.5215	0.464203	0.479616	0.440353	0.5	0.477521	0.470114	0.5	0.472485	0.5	0.491013	0.478357	0.5
C4: 92.8067	0.419456	0.425708	0.495131	0.461744	0.424446	0.421083	0.461744	0.49828	0.461744	0.436096	0.496025	0.461744
C5: 93.9126	0.318776	0.281671	0.463177	0.260903	0.286294	0.303759	0.260903	0.375752	0.260903	0.26011	0.35689	0.260903
C6: 92.2434	0.444067	0.456873	0.47535	0.490436	0.454886	0.448517	0.490436	0.496131	0.490436	0.469795	0.498233	0.490436
	...											
	0.365048	0.358322	0.435426	0.499811	0.49993	0.365048	0.412734	0.376037	0.356496	0.49746	0.457008	0.369957
	0.498949	0.499326	0.338117	0.499793	0.499929	0.498949	0.371327	0.491497	0.49685	0.278781	0.310404	0.448127
	0.492529	0.498484	0.499801	0.499791	0.499922	0.492529	0.435886	0.48201	0.499803	0.350734	0.38994	0.482349
	0.470114	0.479616	0.499795	0.499793	0.499922	0.470114	0.492876	0.459522	0.484055	0.436512	0.472485	0.49964
	0.421083	0.425708	0.499787	0.499802	0.424446	0.421083	0.483972	0.418763	0.428937	0.492946	0.49828	0.456412
	0.303759	0.281671	0.49978	0.49979	0.286294	0.303759	0.303651	0.331272	0.272441	0.471783	0.375752	0.256484
	0.448517	0.456873	0.499796	0.499793	0.454886	0.448517	0.499555	0.4409	0.461417	0.471783	0.496131	0.487032
	...											
	0.376052	0.358322	0.365048	0.355986	0.359507	0.363602	0.360805	0.457008	0.365048	0.360805	0.369957	0.358892
	0.435348	0.499326	0.498949	0.494674	0.499844	0.499499	0.5	0.310404	0.498949	0.5	0.448127	0.476385
	0.475516	0.498484	0.492529	0.5	0.497502	0.493863	0.496379	0.38994	0.492529	0.496379	0.482349	0.495335
	0.5	0.479616	0.470114	0.486366	0.477521	0.471819	0.475521	0.472485	0.470114	0.475521	0.49964	0.495335
	0.461744	0.425708	0.421083	0.430976	0.424446	0.421718	0.423378	0.49828	0.421083	0.423378	0.456412	0.442857
	0.260903	0.281671	0.303759	0.268002	0.286294	0.299599	0.290846	0.375752	0.303759	0.290846	0.256484	0.25481
	0.490436	0.456873	0.448517	0.463997	0.454886	0.4499	0.453071	0.496131	0.448517	0.453071	0.487032	0.476385
	...											
	0.435426	0.446555	0.424011	0.383468	0.359507	0.36937	0.474743	0.3665	0.392165	0.356216	0.376052	0.466474
	0.338117	0.323322	0.354317	0.420968	0.499844	0.496565	0.291239	0.498256	0.405223	0.487768	0.435348	0.299669
	0.412108	0.400618	0.424011	0.467339	0.497502	0.488454	0.372139	0.491173	0.457877	0.499001	0.475516	0.380381
	0.483857	0.478357	0.488759	0.499597	0.477521	0.465553	0.460537	0.468505	0.498315	0.491013	0.5	0.466474
	0.492825	0.496025	0.488759	0.467339	0.424446	0.419752	0.5	0.420554	0.473041	0.436096	0.461744	0.499586
	0.338117	0.35689	0.320144	0.267742	0.286294	0.315267	0.411208	0.307759	0.277169	0.26011	0.260903	0.39404
	0.499552	0.498233	0.5	0.493548	0.454886	0.445038	0.490134	0.447254	0.496209	0.469795	0.490436	0.493377
	...											
	0.356216	0.383468	0.3665	0.466474	0.357181	0.370771	0.359507	0.356496	0.481716	0.36218	0.412734	0.358892

Διπλωματική εργασία

Ζουμή Ειρήνη

	0.487768	0.420968	0.498256	0.299669	0.482721	0.495615	0.499844	0.49685	0.285075	0.499865	0.371327	0.476385
	0.499001	0.467339	0.491173	0.380381	0.49757	0.487113	0.497502	0.499803	0.365299	0.495155	0.435886	0.495335
	0.491013	0.499597	0.468505	0.466474	0.493251	0.464203	0.477521	0.484055	0.454851	0.47362	0.492876	0.495335
	0.436096	0.467339	0.420554	0.499586	0.439255	0.419456	0.424446	0.428937	0.499627	0.422476	0.483972	0.442857
	0.26011	0.267742	0.307759	0.39404	0.257019	0.318776	0.286294	0.272441	0.426866	0.295289	0.303651	0.25481
	0.469795	0.493548	0.447254	0.493377	0.473002	0.444067	0.454886	0.461417	0.486567	0.451413	0.499555	0.476385
	...											
	0.376052	0.457008	0.369957	0.365048	0.474743	0.383468	0.358892	0.376052	0.435426	0.365138	0.435426	0.383468
	0.435348	0.310404	0.448127	0.498949	0.291239	0.420968	0.476385	0.435348	0.338117	0.459204	0.338117	0.420968
	0.475516	0.38994	0.482349	0.492529	0.372139	0.467339	0.495335	0.475516	0.412108	0.487862	0.412108	0.467339
	0.5	0.472485	0.49964	0.470114	0.460537	0.499597	0.495335	0.5	0.483857	0.498651	0.483857	0.499597
	0.461744	0.49828	0.456412	0.421083	0.5	0.467339	0.442857	0.461744	0.492825	0.45145	0.492825	0.467339
	0.260903	0.375752	0.256484	0.303759	0.411208	0.267742	0.25481	0.260903	0.338117	0.254214	0.338117	0.267742
	0.490436	0.496131	0.487032	0.448517	0.490134	0.493548	0.476385	0.490436	0.499552	0.483479	0.499552	0.493548
	...											
	0.446555	0.355986	0.36937	0.363602	0.365138	0.358892	0.457008	0.392165	0.363602	0.412734	0.402003	0.495131
	0.323322	0.494674	0.496565	0.499499	0.459204	0.476385	0.310404	0.405223	0.499499	0.371327	0.388502	0.27815
	0.400618	0.5	0.488454	0.493863	0.487862	0.495335	0.38994	0.457877	0.493863	0.435886	0.4473	0.352708
	0.478357	0.486366	0.465553	0.471819	0.498651	0.495335	0.472485	0.498315	0.471819	0.492876	0.49608	0.440353
	0.496025	0.430976	0.419752	0.421718	0.45145	0.442857	0.49828	0.473041	0.421718	0.483972	0.478659	0.495131
	0.35689	0.268002	0.315267	0.299599	0.254214	0.25481	0.375752	0.277169	0.299599	0.303651	0.289199	0.463177
	0.498233	0.463997	0.445038	0.4499	0.483479	0.476385	0.496131	0.496209	0.4499	0.499555	0.498258	0.47535
	...											
	0.392165	0.376052	0.365048	0.363602	0.491819	0.365048	0.355986	0.358322	0.36937	0.376052	0.466474	0.365138
	0.405223	0.435348	0.498949	0.499499	0.278796	0.498949	0.494674	0.499326	0.496565	0.435348	0.299669	0.459204
	0.457877	0.475516	0.492529	0.493863	0.355694	0.492529	0.5	0.498484	0.488454	0.475516	0.380381	0.487862
	0.498315	0.5	0.470114	0.471819	0.444699	0.470114	0.486366	0.479616	0.465553	0.5	0.466474	0.498651
	0.473041	0.461744	0.421083	0.421718	0.497055	0.421083	0.430976	0.425708	0.419752	0.461744	0.499586	0.45145
	0.277169	0.260903	0.303759	0.299599	0.45288	0.303759	0.268002	0.281671	0.315267	0.260903	0.39404	0.254214
	0.496209	0.490436	0.448517	0.4499	0.479058	0.448517	0.463997	0.456873	0.445038	0.490436	0.493377	0.483479
	...											
	0.495131	0.49746	0.356216	0.377257								
	0.27815	0.278781	0.487768	0.490441								
	0.352708	0.350734	0.499001	0.480815								
	0.440353	0.436512	0.491013	0.45851								
	0.495131	0.492946	0.436096	0.41868								

Διτλωματική εργασία

Ζουμή Ειρήνη

	0.463177	0.471783	0.26011	0.334041								
	0.47535	0.471783	0.469795	0.440255								
	LOOP_2											
The updated C values	This is the E step											
C0: 92.3996	0.415056	0.400923	0.442007	0.486318	0.403736	0.411028	0.486318	0.448997	0.486318	0.373801	0.450912	0.486318
C1: 89.4517	0.454366	0.477498	0.399869	0.279154	0.473262	0.461403	0.279154	0.38375	0.279154	0.498129	0.379185	0.279154
C2: 90.5337	0.443843	0.460222	0.413714	0.367482	0.456923	0.448465	0.367482	0.406111	0.367482	0.494176	0.404043	0.367482
C3: 91.4497	0.431321	0.436213	0.427442	0.437383	0.435046	0.432483	0.437383	0.427477	0.437383	0.458061	0.427564	0.437383
C4: 92.163	0.420221	0.412552	0.43772	0.475106	0.413976	0.417912	0.475106	0.442808	0.475106	0.404413	0.444244	0.475106
C5: 92.7477	0.410003	0.38921	0.445936	0.493881	0.39348	0.404235	0.493881	0.454545	0.493881	0.340808	0.456851	0.493881
C6: 91.8652	0.425189	0.423382	0.433311	0.460674	0.423576	0.424475	0.460674	0.436312	0.460674	0.430613	0.4372	0.460674
	...											
	0.411028	0.400923	0.453209	0.499015	0.49962	0.411028	0.459473	0.417593	0.393126	0.441278	0.448997	0.496631
	0.461403	0.477498	0.373625	0.498931	0.499621	0.461403	0.357954	0.449774	0.488035	0.401503	0.38375	0.236794
	0.448465	0.460222	0.499658	0.498988	0.499553	0.448465	0.39489	0.44095	0.469494	0.414512	0.406111	0.358238
	0.432483	0.436213	0.499659	0.498931	0.499554	0.432483	0.428389	0.430674	0.440078	0.427463	0.427477	0.44718
	0.417912	0.412552	0.499651	0.499001	0.413976	0.417912	0.450887	0.421719	0.408937	0.437202	0.442808	0.487757
	0.404235	0.38921	0.499629	0.498986	0.39348	0.404235	0.466861	0.413578	0.376943	0.445021	0.454545	0.499934
	0.424475	0.423382	0.499659	0.498931	0.423576	0.424475	0.441546	0.425712	0.423387	0.43302	0.436312	0.473466
	...											
	0.486318	0.400923	0.411028	0.387682	0.403736	0.409626	0.406053	0.448997	0.411028	0.406053	0.496631	0.394616
	0.279154	0.477498	0.461403	0.494048	0.473262	0.463774	0.469625	0.38375	0.461403	0.469625	0.236794	0.380063
	0.367482	0.460222	0.448465	0.47611	0.456923	0.450081	0.454222	0.406111	0.448465	0.454222	0.358238	0.478977
	0.437383	0.436213	0.432483	0.443481	0.435046	0.432928	0.434163	0.427477	0.432483	0.434163	0.44718	0.494914
	0.475106	0.412552	0.417912	0.406785	0.413976	0.41713	0.41519	0.442808	0.417912	0.41519	0.487757	0.438963
	0.493881	0.38921	0.404235	0.367898	0.39348	0.4022	0.396944	0.454545	0.404235	0.396944	0.499934	0.341373
	0.460674	0.423382	0.424475	0.423995	0.423576	0.424261	0.423803	0.436312	0.424475	0.423803	0.473466	0.471094
	...											
	0.453209	0.450912	0.456005	0.476873	0.403736	0.414231	0.445991	0.41224	0.469503	0.373801	0.486318	0.447377
	0.373625	0.379185	0.366722	0.309707	0.473262	0.455835	0.390783	0.459319	0.331121	0.498129	0.279154	0.387559
	0.401573	0.404043	0.398579	0.376824	0.456923	0.444788	0.409369	0.44707	0.384373	0.494176	0.367482	0.407865
	0.427714	0.427564	0.427966	0.432735	0.435046	0.431546	0.427409	0.432115	0.430381	0.458061	0.437383	0.42743
	0.445988	0.444244	0.44815	0.465802	0.413976	0.41974	0.440592	0.418597	0.459214	0.404413	0.475106	0.441609
	0.459585	0.456851	0.462867	0.485388	0.39348	0.40883	0.45088	0.405984	0.47789	0.340808	0.493881	0.452577

Διπλωματική εργασία

Ζουμή Ειρήνη

	0.438305	0.4372	0.43971	0.452671	0.423576	0.425031	0.434975	0.424674	0.447518	0.430613	0.460674	0.435583
	...											
	0.373801	0.476873	0.41224	0.447377	0.371427	0.415056	0.403736	0.393126	0.444792	0.407988	0.459473	0.394616
	0.498129	0.309707	0.459319	0.387559	0.47347	0.454366	0.473262	0.488035	0.393546	0.466491	0.357954	0.380063
	0.494176	0.376824	0.44707	0.407865	0.499959	0.443843	0.456923	0.469494	0.410674	0.451975	0.39489	0.478977
	0.458061	0.432735	0.432115	0.42743	0.473854	0.431321	0.435046	0.440078	0.427404	0.433476	0.428389	0.494914
	0.404413	0.465802	0.418597	0.441609	0.411027	0.420221	0.413976	0.408937	0.43972	0.416231	0.450887	0.438963
	0.340808	0.485388	0.405984	0.452577	0.327101	0.410003	0.39348	0.376943	0.449402	0.399803	0.466861	0.341373
	0.430613	0.452671	0.424674	0.435583	0.443161	0.425189	0.423576	0.423387	0.434462	0.424035	0.441546	0.471094
	...											
	0.486318	0.448997	0.496631	0.411028	0.445991	0.476873	0.394616	0.486318	0.453209	0.497923	0.453209	0.476873
	0.279154	0.38375	0.236794	0.461403	0.390783	0.309707	0.380063	0.279154	0.373625	0.194992	0.373625	0.309707
	0.367482	0.406111	0.358238	0.448465	0.409369	0.376824	0.478977	0.367482	0.401573	0.360956	0.401573	0.376824
	0.437383	0.427477	0.44718	0.432483	0.427409	0.432735	0.494914	0.437383	0.427714	0.467548	0.427714	0.432735
	0.475106	0.442808	0.487757	0.417912	0.440592	0.465802	0.438963	0.475106	0.445988	0.499446	0.445988	0.465802
	0.493881	0.454545	0.499934	0.404235	0.45088	0.485388	0.341373	0.493881	0.459585	0.487635	0.459585	0.485388
	0.460674	0.436312	0.473466	0.424475	0.434975	0.452671	0.471094	0.460674	0.438305	0.4915	0.438305	0.452671
	...											
	0.450912	0.387682	0.414231	0.409626	0.497923	0.394616	0.448997	0.469503	0.409626	0.459473	0.463855	0.442007
	0.379185	0.494048	0.455835	0.463774	0.194992	0.380063	0.38375	0.331121	0.463774	0.357954	0.346515	0.399869
	0.404043	0.47611	0.444788	0.450081	0.360956	0.478977	0.406111	0.384373	0.450081	0.39489	0.390264	0.413714
	0.427564	0.443481	0.431546	0.432928	0.467548	0.494914	0.427477	0.430381	0.432928	0.428389	0.42911	0.427442
	0.444244	0.406785	0.41974	0.41713	0.499446	0.438963	0.442808	0.459214	0.41713	0.450887	0.454447	0.43772
	0.456851	0.367898	0.40883	0.4022	0.487635	0.341373	0.454545	0.47789	0.4022	0.466861	0.471782	0.445936
	0.4372	0.423995	0.425031	0.424261	0.4915	0.471094	0.436312	0.447518	0.424261	0.441546	0.444027	0.433311
	...											
	0.469503	0.486318	0.411028	0.409626	0.442824	0.411028	0.387682	0.400923	0.414231	0.486318	0.447377	0.497923
	0.331121	0.279154	0.461403	0.463774	0.398027	0.461403	0.494048	0.477498	0.455835	0.279154	0.387559	0.194992
	0.384373	0.367482	0.448465	0.450081	0.412821	0.448465	0.47611	0.460222	0.444788	0.367482	0.407865	0.360956
	0.430381	0.437383	0.432483	0.432928	0.427424	0.432483	0.443481	0.436213	0.431546	0.437383	0.42743	0.467548
	0.459214	0.475106	0.417912	0.41713	0.438303	0.417912	0.406785	0.412552	0.41974	0.475106	0.441609	0.499446
	0.47789	0.493881	0.404235	0.4022	0.446958	0.404235	0.367898	0.38921	0.40883	0.493881	0.452577	0.487635
	0.447518	0.460674	0.424475	0.424261	0.433643	0.424475	0.423995	0.423382	0.425031	0.460674	0.435583	0.4915
	...											
	0.442007	0.441278	0.373801	0.418086								
	0.399869	0.401503	0.498129	0.448867								

Διπλωματική εργασία

Ζουμή Ειρήνη

	0.413714	0.414512	0.494176	0.440389								
	0.427442	0.427463	0.458061	0.430556								
	0.43772	0.437202	0.404413	0.422014								
	0.445936	0.445021	0.340808	0.414268								
	0.433311	0.43302	0.430613	0.425819								

Πίνακας 17. Πίνακας αποτελεσμάτων για τις μετρήσεις αρτηριακής πίεσης (συστολή).

The initial C values												
C0: 125												
C1: 136												
C2: 150												
C3: 145												
C4: 167												
C5: 200												
C6: 170												
	LOOP_1											
The updated C values	This is the E step											
C0: 139.86	0.456897	0.308094	0.456897	0.308094	0.406322	0.497804	0.496879	0.498244	0.406322	0.300873	0.389429	0.496879
C1: 143.132	0.491272	0.395453	0.491272	0.395453	0.467104	0.498475	0.498981	0.488391	0.467104	0.377507	0.457402	0.498981
C2: 146.327	0.497306	0.46856	0.497306	0.46856	0.499486	0.477977	0.479366	0.463311	0.499486	0.448247	0.497896	0.479366
C3: 145.275	0.5	0.447346	0.5	0.447346	0.493703	0.488043	0.489237	0.47388	0.493703	0.426428	0.489351	0.489237
C4: 149.554	0.447845	0.5	0.447845	0.5	0.471087	0.420937	0.421984	0.413973	0.471087	0.493799	0.477781	0.421984
C5: 158.237	0.17403	0.381527	0.17403	0.381527	0.203932	0.209553	0.205515	0.259083	0.203932	0.455903	0.221799	0.205515
C6: 150.117	0.432651	0.499021	0.432651	0.499021	0.458365	0.407211	0.408037	0.403117	0.458365	0.497244	0.466342	0.408037
	...											
	0.349007	0.304965	0.444444	0.49998	0.499936	0.3026	0.422553	0.349007	0.314154	0.486091	0.300307	0.499951
	0.430904	0.375177	0.486111	0.49998	0.499935	0.376037	0.475713	0.430904	0.375137	0.499671	0.382842	0.495065
	0.48942	0.441973	0.49995	0.49998	0.499934	0.444905	0.5	0.48942	0.435271	0.488148	0.456247	0.471572
	0.474399	0.421019	0.499943	0.499977	0.499934	0.423472	0.496902	0.474399	0.416042	0.495967	0.434099	0.482183
	0.491641	0.489104	0.49995	0.499975	0.477781	0.491497	0.464188	0.491641	0.48197	0.430782	0.49774	0.417037
	0.280434	0.47421	0.499943	0.499977	0.221799	0.465987	0.190211	0.280434	0.490211	0.183621	0.429127	0.22974
	0.484195	0.493553	0.499947	0.49998	0.466342	0.495502	0.450434	0.484195	0.487214	0.41572	0.499638	0.404452

Διπλωματική εργασία

Ζουμή Ειρήνη

...												
0.479893	0.329344	0.497309	0.494566	0.487904	0.450902	0.472056	0.37258	0.499825	0.304965	0.494377	0.46747	
0.49857	0.415732	0.486712	0.482674	0.474918	0.488867	0.496519	0.446964	0.492627	0.375177	0.499722	0.49508	
0.491063	0.482049	0.461597	0.457834	0.451616	0.498219	0.493812	0.495227	0.468194	0.441973	0.48223	0.49508	
0.497766	0.463974	0.472062	0.467953	0.460809	0.499889	0.49913	0.483957	0.478883	0.421019	0.491601	0.499598	
0.434853	0.496884	0.413594	0.413063	0.413122	0.450902	0.439567	0.483957	0.415532	0.489104	0.424406	0.442169	
0.178284	0.319995	0.265597	0.280411	0.306464	0.175351	0.174724	0.243304	0.241318	0.47421	0.197626	0.173795	
0.419571	0.492022	0.403129	0.403499	0.405167	0.435872	0.424193	0.474012	0.403621	0.493553	0.410037	0.426807	
...												
0.329344	0.31583	0.456897	0.494377	0.499623	0.499951	0.308094	0.437544	0.483185	0.493976	0.496799	0.472056	
0.415732	0.375383	0.491272	0.499722	0.491786	0.495065	0.395453	0.482999	0.499228	0.481901	0.485883	0.496519	
0.482049	0.43441	0.497306	0.48223	0.467144	0.471572	0.46856	0.499528	0.489619	0.457162	0.460787	0.493812	
0.463974	0.415485	0.5	0.491601	0.477831	0.482183	0.447346	0.498937	0.496911	0.467202	0.471191	0.49913	
0.496884	0.480836	0.447845	0.424406	0.415137	0.417037	0.5	0.457379	0.432739	0.413012	0.413444	0.439567	
0.319995	0.491903	0.17403	0.197626	0.245034	0.22974	0.381527	0.180756	0.180765	0.283133	0.268726	0.174724	
0.492022	0.486154	0.432651	0.410037	0.403445	0.404452	0.499021	0.442857	0.417553	0.403614	0.403169	0.424193	
...												
0.499951	0.486091	0.472056	0.499356	0.422553	0.41456	0.490849	0.300978	0.498539	0.499794	0.306324	0.49866	
0.495065	0.499671	0.496519	0.490939	0.475713	0.471562	0.5	0.384782	0.497896	0.495832	0.374938	0.489239	
0.471572	0.488148	0.493812	0.466132	0.5	0.499874	0.485176	0.458521	0.476622	0.472777	0.44065	0.464217	
0.482183	0.495967	0.49913	0.476804	0.496902	0.49545	0.493874	0.436418	0.48685	0.483326	0.41996	0.474829	
0.417037	0.430782	0.439567	0.414787	0.464188	0.467644	0.427318	0.498495	0.419988	0.417662	0.487895	0.414209	
0.22974	0.183621	0.174724	0.248671	0.190211	0.196537	0.190213	0.420899	0.213618	0.225762	0.477705	0.255697	
0.404452	0.41572	0.424193	0.40331	0.450434	0.454373	0.41257	0.499906	0.406487	0.404848	0.492527	0.40315	
...												
0.495714	0.479893	0.302053	0.488636	0.306324	0.450902	0.496266	0.497804	0.37258	0.300307	0.483185	0.499955	
0.484256	0.49857	0.386999	0.499921	0.374938	0.488867	0.485064	0.498475	0.446964	0.382842	0.499228	0.493456	
0.459256	0.491063	0.460899	0.486664	0.44065	0.498219	0.460007	0.477977	0.495227	0.456247	0.489619	0.469281	
0.469524	0.497766	0.438905	0.494949	0.41996	0.499889	0.470345	0.488043	0.483957	0.434099	0.496911	0.47996	
0.413214	0.434853	0.49912	0.428977	0.487895	0.450902	0.413319	0.420937	0.483957	0.49774	0.432739	0.415977	
0.274732	0.178284	0.412023	0.18679	0.477705	0.175351	0.271771	0.209553	0.243304	0.429127	0.180765	0.237526	
0.403304	0.419571	0.5	0.414062	0.492527	0.435872	0.403228	0.407211	0.474012	0.499638	0.417553	0.403844	
...												
0.490849	0.499951	0.349007	0.323902	0.472056	0.5	0.3125	0.499825	0.488636	0.323902	0.3	0.349007	
0.5	0.495065	0.430904	0.411098	0.496519	0.494271	0.374948	0.492627	0.499921	0.411098	0.381163	0.430904	
0.485176	0.471572	0.48942	0.47939	0.493812	0.470407	0.436198	0.468194	0.486664	0.47939	0.45408	0.48942	

Διπλωματική εργασία

Ζουμή Ειρήνη

	0.493874	0.482183	0.474399	0.460488	0.49913	0.481061	0.416667	0.478883	0.494949	0.460488	0.431944	0.474399
	0.427318	0.417037	0.491641	0.498049	0.439567	0.416477	0.483125	0.415532	0.428977	0.498049	0.496875	0.491641
	0.190213	0.22974	0.280434	0.333049	0.174724	0.233665	0.488281	0.241318	0.18679	0.333049	0.436719	0.280434
	0.41257	0.404452	0.484195	0.494024	0.424193	0.404119	0.488281	0.403621	0.414062	0.494024	0.499219	0.484195
	0.329344	0.479893	0.335366	0.493976	0.488636	0.302053	0.422553	0.494566	0.301643	0.3026	0.495147	0.304965
	0.415732	0.49857	0.420605	0.481901	0.499921	0.386999	0.475713	0.482674	0.376687	0.376037	0.483459	0.375177
	0.482049	0.491063	0.484629	0.457162	0.486664	0.460899	0.5	0.457834	0.446523	0.444905	0.458532	0.441973
	0.463974	0.497766	0.46748	0.467202	0.494949	0.438905	0.496902	0.467953	0.424883	0.423472	0.468727	0.421019
	0.496884	0.434853	0.495427	0.413012	0.428977	0.49912	0.464188	0.413063	0.492664	0.491497	0.41313	0.489104
	0.319995	0.178284	0.306784	0.283133	0.18679	0.412023	0.190211	0.280411	0.461194	0.465987	0.277612	0.47421
	0.492022	0.419571	0.48971	0.403614	0.414062	0.5	0.450434	0.403499	0.496406	0.495502	0.403394	0.493553
	...											
	0.303571	0.323902	0.349007	0.499032								
	0.389509	0.411098	0.430904	0.490089								
	0.463373	0.47939	0.48942	0.465157								
	0.441558	0.460488	0.474399	0.475803								
	0.499594	0.498049	0.491641	0.414479								
	0.402496	0.333049	0.280434	0.252226								
	0.499899	0.494024	0.484195	0.403213								
	LOOP_2											
The updated C values	This is the E step											
C0: 142.98	0.447962	0.371752	0.447962	0.371752	0.290552	0.481452	0.483675	0.462088	0.290552	0.389231	0.302358	0.483675
C1: 144.677	0.493131	0.400818	0.493131	0.400818	0.388257	0.465217	0.467248	0.449886	0.388257	0.408385	0.38326	0.467248
C2: 146.21	0.496532	0.425591	0.496532	0.425591	0.454268	0.444488	0.445753	0.436336	0.454268	0.425329	0.441806	0.445753
C3: 145.712	0.499851	0.417826	0.499851	0.417826	0.435734	0.451847	0.453427	0.440977	0.435734	0.419941	0.424756	0.453427
C4: 147.751	0.459149	0.447011	0.459149	0.447011	0.491501	0.41865	0.418561	0.421003	0.491501	0.440689	0.480465	0.418561
C5: 152.847	0.154943	0.486629	0.154943	0.486629	0.444726	0.324704	0.318081	0.37155	0.444726	0.47324	0.482258	0.318081
C6: 148.032	0.448433	0.450373	0.448433	0.450373	0.494962	0.413641	0.413257	0.418161	0.494962	0.443185	0.485097	0.413257
	...											
	0.338727	0.394048	0.379682	0.49998	0.49954	0.391792	0.297473	0.338727	0.399443	0.497946	0.382926	0.472128
	0.389164	0.410622	0.464701	0.49998	0.499564	0.409566	0.407108	0.389164	0.413202	0.484356	0.405555	0.457411
	0.429301	0.42544	0.498942	0.49998	0.499507	0.425378	0.47343	0.429301	0.425657	0.45882	0.425302	0.440047
	0.417076	0.420709	0.498937	0.499977	0.499506	0.420339	0.45603	0.417076	0.421662	0.468567	0.419055	0.446092

Διπλωματική εργασία

Ζουμή Ειρήνη

	0.460725	0.439047	0.498942	0.499979	0.480465	0.439811	0.499609	0.460725	0.437261	0.420714	0.442902	0.419499
	0.499744	0.468855	0.498937	0.499977	0.482258	0.470946	0.366377	0.499744	0.463592	0.256792	0.478531	0.349215
	0.465264	0.441279	0.498832	0.49998	0.485097	0.442168	0.499973	0.465264	0.439183	0.412805	0.445729	0.415607
	...											
	0.499984	0.354265	0.460224	0.45633	0.450363	0.416539	0.494571	0.318035	0.467787	0.394048	0.488447	0.485987
	0.491876	0.394166	0.448563	0.445864	0.441877	0.481798	0.49848	0.384349	0.454067	0.410622	0.471936	0.499975
	0.466856	0.426971	0.435737	0.434564	0.432948	0.499763	0.47781	0.434646	0.438333	0.42544	0.448868	0.484272
	0.476961	0.416839	0.440118	0.438403	0.435959	0.498837	0.487288	0.419658	0.443769	0.420709	0.457223	0.492645
	0.42442	0.453951	0.421332	0.422062	0.423281	0.472034	0.432366	0.470981	0.420088	0.439047	0.41859	0.438958
	0.224647	0.495789	0.375354	0.383007	0.394043	0.168549	0.187568	0.496506	0.35929	0.468855	0.302342	0.170134
	0.415257	0.45802	0.418672	0.419771	0.421529	0.46248	0.421917	0.475826	0.416666	0.441279	0.412594	0.428029
	...											
	0.354265	0.400185	0.447962	0.488447	0.466509	0.472128	0.371752	0.343617	0.499484	0.45566	0.459364	0.494571
	0.394166	0.413564	0.493131	0.471936	0.45311	0.457411	0.400818	0.444086	0.488073	0.445407	0.44796	0.49848
	0.426971	0.425695	0.496532	0.448868	0.437861	0.440047	0.425591	0.493395	0.462505	0.434372	0.435469	0.47781
	0.416839	0.421801	0.499851	0.457223	0.443119	0.446092	0.417826	0.482478	0.472499	0.438118	0.43973	0.487288
	0.453951	0.437019	0.459149	0.41859	0.420281	0.419499	0.447011	0.494298	0.4222	0.422193	0.421488	0.432366
	0.495789	0.462839	0.154943	0.302342	0.362128	0.349215	0.486629	0.252703	0.241555	0.384287	0.377078	0.187568
	0.45802	0.438897	0.448433	0.412594	0.416992	0.415607	0.450373	0.489423	0.413685	0.419964	0.418911	0.421917
	...											
	0.472128	0.497946	0.494571	0.465306	0.297473	0.290256	0.493443	0.381038	0.479351	0.473767	0.395079	0.4631
	0.457411	0.484356	0.49848	0.45222	0.407108	0.395391	0.477608	0.404729	0.463368	0.458715	0.411108	0.450613
	0.440047	0.45882	0.47781	0.437431	0.47343	0.463097	0.453057	0.42532	0.443378	0.440746	0.425474	0.436672
	0.446092	0.468567	0.487288	0.44252	0.45603	0.444611	0.462133	0.418816	0.450439	0.44702	0.420883	0.441453
	0.419499	0.420714	0.432366	0.420469	0.499609	0.496469	0.419131	0.44358	0.41878	0.419304	0.438702	0.42083
	0.349215	0.256792	0.187568	0.364751	0.366377	0.411495	0.28235	0.480016	0.330645	0.345219	0.467878	0.369444
	0.415607	0.412805	0.421917	0.417304	0.499973	0.498682	0.412278	0.446501	0.414039	0.415228	0.440876	0.417888
	...											
	0.457771	0.499984	0.378996	0.495836	0.395079	0.416539	0.458547	0.481452	0.318035	0.382926	0.499484	0.469145
	0.446853	0.491876	0.403848	0.48085	0.411108	0.481798	0.447391	0.465217	0.384349	0.405555	0.488073	0.455097
	0.434987	0.466856	0.425354	0.455702	0.425474	0.499763	0.43522	0.444488	0.434646	0.425302	0.462505	0.438849
	0.439026	0.476961	0.418572	0.465131	0.420883	0.498837	0.439367	0.451847	0.419658	0.419055	0.472499	0.444476
	0.421785	0.42442	0.44432	0.419742	0.438702	0.472034	0.421639	0.41865	0.470981	0.442902	0.4222	0.419893
	0.380219	0.224647	0.481568	0.270351	0.467878	0.168549	0.378696	0.324704	0.496506	0.478531	0.241555	0.356213
	0.419359	0.415257	0.447342	0.412388	0.440876	0.46248	0.41914	0.413641	0.475826	0.445729	0.413685	0.416327
	...											

Διπλωματική εργασία

Ζουμή Ειρήνη

	0.493443	0.472128	0.338727	0.358474	0.494571	0.47059	0.398661	0.467787	0.495836	0.358474	0.384676	0.338727
	0.477608	0.457411	0.389164	0.395676	0.49848	0.456208	0.412823	0.454067	0.48085	0.395676	0.40633	0.389164
	0.453057	0.440047	0.429301	0.426529	0.47781	0.439418	0.42562	0.438333	0.455702	0.426529	0.425296	0.429301
	0.462133	0.446092	0.417076	0.416965	0.487288	0.445247	0.421518	0.443769	0.465131	0.416965	0.419287	0.417076
	0.419131	0.419499	0.460725	0.452219	0.432366	0.419696	0.437516	0.420088	0.419742	0.452219	0.44228	0.460725
	0.28235	0.349215	0.499744	0.494003	0.187568	0.352866	0.464377	0.35929	0.270351	0.494003	0.477114	0.499744
	0.412278	0.415607	0.465264	0.456134	0.421917	0.415974	0.439484	0.416666	0.412388	0.456134	0.445017	0.465264
	...											
	0.354265	0.499984	0.349605	0.45566	0.495836	0.378996	0.297473	0.45633	0.390553	0.391792	0.457033	0.394048
	0.394166	0.491876	0.392567	0.445407	0.48085	0.403848	0.407108	0.445864	0.408992	0.409566	0.446345	0.410622
	0.426971	0.466856	0.42755	0.434372	0.455702	0.425354	0.47343	0.434564	0.425352	0.425378	0.434768	0.42544
	0.416839	0.476961	0.416789	0.438118	0.465131	0.418572	0.45603	0.438403	0.420144	0.420339	0.438705	0.420709
	0.453951	0.42442	0.455916	0.422193	0.419742	0.44432	0.499609	0.422062	0.440234	0.439811	0.421926	0.439047
	0.495789	0.224647	0.49743	0.384287	0.270351	0.481568	0.366377	0.383007	0.472066	0.470946	0.381653	0.468855
	0.45802	0.415257	0.460143	0.419964	0.412388	0.447342	0.499973	0.419771	0.442659	0.442168	0.419569	0.441279
	...											
	0.376782	0.358474	0.338727	0.464171								
	0.402905	0.395676	0.389164	0.451389								
	0.425407	0.426529	0.429301	0.437035								
	0.418324	0.416965	0.417076	0.441967								
	0.445131	0.452219	0.460725	0.420652								
	0.48319	0.494003	0.499744	0.367184								
	0.44826	0.456134	0.465264	0.417602								
	LOOP_3											
The updated C values	This is the E step											
C0: 144.604	0.475863	0.40023	0.475863	0.40023	0.332317	0.460705	0.462577	0.447123	0.332317	0.40903	0.353255	0.462577
C1: 145.552	0.499381	0.413822	0.499381	0.413822	0.389452	0.448791	0.450123	0.439699	0.389452	0.418136	0.394951	0.450123
C2: 146.385	0.491341	0.425253	0.491341	0.425253	0.430891	0.436667	0.437329	0.432569	0.430891	0.425953	0.426658	0.437329
C3: 146.115	0.497004	0.421629	0.497004	0.421629	0.418492	0.440747	0.441645	0.434929	0.418492	0.423457	0.416981	0.441645
C4: 147.219	0.455216	0.435925	0.455216	0.435925	0.462786	0.42318	0.422996	0.424999	0.462786	0.433417	0.452808	0.422996
C5: 150.463	0.135589	0.465361	0.135589	0.465361	0.498521	0.369328	0.365105	0.397104	0.498521	0.455274	0.498394	0.365105
C6: 147.379	0.445606	0.437781	0.445606	0.437781	0.467542	0.420583	0.420226	0.423577	0.467542	0.434734	0.456954	0.420226
	...											
	0.38192	0.411412	0.364585	0.49998	0.499463	0.410298	0.306631	0.38192	0.414069	0.479748	0.405891	0.453694

Διπλωματική εργασία

Ζουμή Ειρήνη

	0.405601	0.419343	0.454754	0.49998	0.499476	0.418776	0.388787	0.405601	0.420711	0.463605	0.41657	0.443982
	0.424727	0.426193	0.496265	0.49998	0.499401	0.426078	0.443619	0.424727	0.426485	0.444972	0.42567	0.434408
	0.418751	0.424001	0.496331	0.499978	0.499396	0.423744	0.427829	0.418751	0.424634	0.451446	0.422771	0.437601
	0.441775	0.432772	0.496265	0.49998	0.452808	0.433072	0.480149	0.441775	0.43207	0.422371	0.434289	0.424021
	0.482581	0.452341	0.496331	0.499979	0.498394	0.453724	0.468189	0.482581	0.448966	0.320022	0.459006	0.384247
	0.444646	0.433938	0.496081	0.49998	0.456954	0.434309	0.484797	0.444646	0.433064	0.417835	0.435802	0.422047
	...											
	0.488657	0.390937	0.445979	0.443648	0.440209	0.429942	0.49788	0.36776	0.450758	0.411412	0.467003	0.499999
	0.472074	0.409522	0.438973	0.437512	0.435397	0.486541	0.484202	0.39997	0.442043	0.419343	0.453362	0.491499
	0.450763	0.424827	0.432274	0.431693	0.430887	0.499662	0.460922	0.425223	0.433555	0.426193	0.439007	0.468844
	0.458344	0.42001	0.434488	0.433612	0.432369	0.499361	0.469622	0.417421	0.436376	0.424001	0.443881	0.477763
	0.423287	0.438786	0.425186	0.425582	0.4262	0.476445	0.427067	0.446914	0.424437	0.432772	0.422636	0.431735
	0.289246	0.474742	0.399243	0.403512	0.409607	0.139766	0.240535	0.492245	0.390117	0.452341	0.354666	0.206733
	0.417628	0.441175	0.423857	0.424441	0.42533	0.468283	0.419771	0.450467	0.422713	0.433938	0.419444	0.423427
	...											
	0.390937	0.414434	0.475863	0.467003	0.449923	0.453694	0.40023	0.315391	0.483996	0.443254	0.445457	0.49788
	0.409522	0.420901	0.499381	0.453362	0.4415	0.443982	0.413822	0.419071	0.46745	0.437268	0.438644	0.484202
	0.424827	0.426528	0.491341	0.439007	0.433322	0.434408	0.425253	0.476513	0.447495	0.431598	0.432141	0.460922
	0.42001	0.424723	0.497004	0.443881	0.436037	0.437601	0.421629	0.461629	0.454498	0.433467	0.43429	0.469622
	0.438786	0.431975	0.455216	0.422636	0.424562	0.424021	0.435925	0.499545	0.422646	0.425651	0.425273	0.427067
	0.474742	0.448493	0.135589	0.354666	0.391748	0.384247	0.465361	0.327858	0.306314	0.404222	0.400208	0.240535
	0.441175	0.432945	0.445606	0.419444	0.422908	0.422047	0.437781	0.499993	0.417601	0.424541	0.423986	0.419771
	...											
	0.453694	0.479748	0.49788	0.449148	0.306631	0.319339	0.472602	0.404945	0.459019	0.454849	0.41192	0.447753
	0.443982	0.463605	0.484202	0.440998	0.388787	0.387675	0.45767	0.416104	0.44761	0.444756	0.419603	0.440101
	0.434408	0.444972	0.460922	0.433109	0.443619	0.435538	0.44139	0.425592	0.436093	0.434757	0.426247	0.432735
	0.437601	0.451446	0.469622	0.435726	0.427829	0.421437	0.446968	0.422572	0.43996	0.438097	0.42412	0.435175
	0.424021	0.422371	0.427067	0.42468	0.480149	0.470346	0.422358	0.434557	0.423362	0.423868	0.432637	0.424898
	0.384247	0.320022	0.240535	0.393248	0.468189	0.490416	0.340409	0.460103	0.37304	0.381881	0.451704	0.395914
	0.422047	0.417835	0.419771	0.42309	0.484797	0.47525	0.418603	0.436128	0.420918	0.421793	0.43377	0.423424
	...											
	0.444502	0.488657	0.403917	0.475958	0.41192	0.429942	0.444966	0.460705	0.36776	0.405891	0.483996	0.451659
	0.438045	0.472074	0.415601	0.460387	0.419603	0.486541	0.438335	0.448791	0.39997	0.41657	0.46745	0.442634
	0.431903	0.450763	0.425511	0.442985	0.426247	0.499662	0.432018	0.436667	0.425223	0.42567	0.447495	0.433811
	0.43393	0.458344	0.422359	0.448985	0.42412	0.499361	0.434104	0.440747	0.417421	0.422771	0.454498	0.436747
	0.425435	0.423287	0.43485	0.422305	0.432637	0.476445	0.425356	0.42318	0.446914	0.434289	0.422646	0.424306

Διπλωματική εργασία

Ζουμή Ειρήνη

	0.401961	0.289246	0.461277	0.331187	0.451704	0.139766	0.401112	0.369328	0.492245	0.459006	0.306314	0.388338
	0.424225	0.417628	0.436484	0.418193	0.43377	0.468283	0.424109	0.420583	0.450467	0.435802	0.417601	0.422505
	...											
	0.472602	0.453694	0.38192	0.393239	0.49788	0.452635	0.413685	0.450758	0.475958	0.393239	0.406766	0.38192
	0.45767	0.443982	0.405601	0.410562	0.484202	0.443277	0.420512	0.442043	0.460387	0.410562	0.417003	0.405601
	0.44139	0.434408	0.424727	0.424902	0.460922	0.434094	0.426441	0.433555	0.442985	0.424902	0.425745	0.424727
	0.446968	0.437601	0.418751	0.420381	0.469622	0.437153	0.42454	0.436376	0.448985	0.420381	0.422959	0.418751
	0.422358	0.424021	0.441775	0.438057	0.427067	0.424167	0.432171	0.424437	0.422305	0.438057	0.434043	0.441775
	0.340409	0.384247	0.482581	0.472541	0.240535	0.386389	0.449461	0.390117	0.331187	0.472541	0.457981	0.482581
	0.418603	0.422047	0.444646	0.440317	0.419771	0.422284	0.43319	0.422713	0.418193	0.440317	0.435502	0.444646
	...											
	0.390937	0.488657	0.388328	0.443254	0.475958	0.403917	0.306631	0.443648	0.409685	0.410298	0.444063	0.411412
	0.409522	0.472074	0.408361	0.437268	0.460387	0.415601	0.388787	0.437512	0.418466	0.418776	0.437771	0.419343
	0.424827	0.450763	0.424766	0.431598	0.442985	0.425511	0.443619	0.431693	0.426017	0.426078	0.431795	0.426193
	0.42001	0.458344	0.419614	0.433467	0.448985	0.422359	0.427829	0.433612	0.423604	0.423744	0.433766	0.424001
	0.438786	0.423287	0.439629	0.425651	0.422305	0.43485	0.480149	0.425582	0.433238	0.433072	0.42551	0.432772
	0.474742	0.289246	0.47714	0.404222	0.331187	0.461277	0.468189	0.403512	0.454476	0.453724	0.40276	0.452341
	0.441175	0.417628	0.442161	0.424541	0.418193	0.436484	0.484797	0.424441	0.434514	0.434309	0.424335	0.433938
	...											
	0.402797	0.393239	0.38192	0.448427								
	0.415057	0.410562	0.405601	0.440533								
	0.425427	0.424902	0.424727	0.432914								
	0.422132	0.420381	0.418751	0.435439								
	0.435173	0.438057	0.441775	0.424792								
	0.462539	0.472541	0.482581	0.394633								
	0.436875	0.440317	0.444646	0.423262								
	LOOP_4											
The updated C values	This is the E step											
C0: 145.476	0.49822	0.412693	0.49822	0.412693	0.369144	0.447784	0.449008	0.439338	0.369144	0.417619	0.384487	0.449008
C1: 146.029	0.496547	0.419924	0.496547	0.419924	0.400526	0.440256	0.441053	0.43494	0.400526	0.422516	0.40661	0.441053
C2: 146.513	0.478217	0.426029	0.478217	0.426029	0.424587	0.433214	0.433576	0.430943	0.424587	0.426702	0.424135	0.433576
C3: 146.356	0.48588	0.424079	0.48588	0.424079	0.41716	0.435537	0.436046	0.43225	0.41716	0.425359	0.418659	0.436046
C4: 146.982	0.444123	0.431889	0.444123	0.431889	0.445314	0.425782	0.425656	0.426828	0.445314	0.430769	0.439833	0.425656
C5: 149.1	0.161253	0.452399	0.161253	0.452399	0.494349	0.39312	0.39058	0.409677	0.494349	0.445497	0.483632	0.39058

Διπλωματική εργασία

Ζουμή Ειρήνη

C6: 147.079	0.435761	0.432988	0.435761	0.432988	0.448918	0.424308	0.424082	0.426023	0.448918	0.431538	0.442643	0.424082
	...											
	0.40224	0.418948	0.364501	0.49998	0.499429	0.418326	0.341551	0.40224	0.420431	0.461411	0.415865	0.443341
	0.414686	0.423229	0.450481	0.49998	0.499436	0.422895	0.392313	0.414686	0.424032	0.449543	0.421584	0.437422
	0.424937	0.426901	0.489715	0.49998	0.49936	0.426807	0.428899	0.424937	0.427132	0.437785	0.42645	0.431971
	0.421689	0.425722	0.48978	0.499979	0.499346	0.425551	0.41788	0.421689	0.426135	0.441727	0.424892	0.433761
	0.434528	0.430481	0.489715	0.49998	0.439833	0.430615	0.457907	0.434528	0.430166	0.424803	0.431159	0.426295
	0.465622	0.44356	0.48978	0.499979	0.483632	0.44447	0.498833	0.465622	0.441361	0.362564	0.448004	0.402033
	0.436297	0.431159	0.489404	0.49998	0.442643	0.431335	0.462617	0.436297	0.430742	0.422167	0.432046	0.425177
	...											
	0.469388	0.407437	0.438654	0.437271	0.435252	0.461965	0.481509	0.393772	0.441536	0.418948	0.451981	0.489535
	0.455492	0.417246	0.434522	0.433683	0.432472	0.496075	0.465604	0.410703	0.436295	0.423229	0.443016	0.473518
	0.441118	0.425423	0.430775	0.430444	0.429977	0.497102	0.447557	0.424386	0.431497	0.426901	0.434492	0.453382
	0.445992	0.422822	0.432	0.431501	0.43079	0.49974	0.453816	0.42008	0.43307	0.425722	0.437317	0.460521
	0.424744	0.433172	0.426926	0.427129	0.427438	0.471007	0.425729	0.436927	0.426527	0.430481	0.425379	0.427603
	0.3419	0.459288	0.410949	0.413489	0.417125	0.111228	0.304686	0.474923	0.405524	0.44356	0.384256	0.273442
	0.421366	0.434613	0.426174	0.426483	0.426945	0.462883	0.421099	0.439208	0.425552	0.431159	0.423559	0.421999
	...											
	0.407437	0.420635	0.49822	0.451981	0.441028	0.443341	0.412693	0.312471	0.465001	0.437038	0.438343	0.481509
	0.417246	0.424143	0.496547	0.443016	0.43598	0.437422	0.419924	0.40252	0.452165	0.433543	0.434333	0.465604
	0.425423	0.427165	0.478217	0.434492	0.431367	0.431971	0.426029	0.457608	0.439215	0.430389	0.4307	0.447557
	0.422822	0.426193	0.48588	0.437317	0.432878	0.433761	0.424079	0.442245	0.443578	0.431418	0.431887	0.453816
	0.433172	0.430123	0.444123	0.425379	0.426595	0.426295	0.431889	0.490077	0.424722	0.427164	0.426971	0.425729
	0.459288	0.441056	0.161253	0.384256	0.406494	0.402033	0.452399	0.40135	0.353561	0.413912	0.411523	0.304686
	0.434613	0.430685	0.435761	0.423559	0.425659	0.425177	0.432988	0.49373	0.421758	0.426535	0.426242	0.421099
	...											
	0.443341	0.461411	0.481509	0.440558	0.341551	0.357407	0.455933	0.415335	0.446696	0.444059	0.419232	0.439716
	0.437422	0.449543	0.465604	0.43569	0.392313	0.396527	0.445693	0.421305	0.439554	0.437874	0.423382	0.435172
	0.431971	0.437785	0.447557	0.431247	0.428899	0.425774	0.435797	0.426377	0.432899	0.432164	0.426944	0.431036
	0.433761	0.441727	0.453816	0.432702	0.41788	0.416834	0.439092	0.424753	0.435092	0.434041	0.4258	0.43239
	0.426295	0.424803	0.425729	0.426659	0.457907	0.450164	0.425079	0.431278	0.425899	0.426206	0.43042	0.426775
	0.402033	0.362564	0.304686	0.407385	0.498833	0.498995	0.375482	0.44875	0.395345	0.400624	0.443143	0.40897
	0.425177	0.422167	0.421099	0.425759	0.462617	0.454298	0.422924	0.432201	0.424514	0.425032	0.431079	0.425941
	...											
	0.437776	0.469388	0.41476	0.458434	0.419232	0.461965	0.438051	0.447784	0.393772	0.415865	0.465001	0.442087
	0.433989	0.455492	0.421002	0.447429	0.423382	0.496075	0.434156	0.440256	0.410703	0.421584	0.452165	0.436637

Διπλωματική εργασία

Ζουμή Ειρήνη

	0.430564	0.441118	0.426299	0.436678	0.426944	0.497102	0.43063	0.433214	0.424386	0.42645	0.439215	0.43164
	0.431682	0.445992	0.424604	0.440268	0.4258	0.49974	0.431782	0.435537	0.42008	0.424892	0.443578	0.433279
	0.427054	0.424744	0.431409	0.424932	0.43042	0.471007	0.427013	0.425782	0.436927	0.431159	0.424722	0.426455
	0.412566	0.3419	0.449554	0.3697	0.443143	0.111228	0.412061	0.39312	0.474923	0.448004	0.353561	0.404466
	0.426369	0.421366	0.432371	0.422559	0.431079	0.462883	0.426307	0.424308	0.439208	0.432046	0.421758	0.425436
	...											
	0.455933	0.443341	0.40224	0.408746	0.481509	0.442686	0.420217	0.441536	0.458434	0.408746	0.416354	0.40224
	0.445693	0.437422	0.414686	0.417905	0.465604	0.437012	0.423916	0.436295	0.447429	0.417905	0.421843	0.414686
	0.435797	0.431971	0.424937	0.425563	0.447557	0.431797	0.427098	0.431497	0.436678	0.425563	0.426519	0.424937
	0.439092	0.433761	0.421689	0.423124	0.453816	0.433508	0.426075	0.43307	0.440268	0.423124	0.425021	0.421689
	0.425079	0.426295	0.434528	0.432844	0.425729	0.426377	0.430211	0.426527	0.424932	0.432844	0.431049	0.434528
	0.375482	0.402033	0.465622	0.457618	0.304686	0.403308	0.441682	0.405524	0.3697	0.457618	0.447311	0.465622
	0.422924	0.425177	0.436297	0.434201	0.421099	0.425312	0.430802	0.425552	0.422559	0.434201	0.431904	0.436297
	...											
	0.407437	0.469388	0.405945	0.437038	0.458434	0.41476	0.341551	0.437271	0.417984	0.418326	0.437516	0.418948
	0.417246	0.455492	0.416502	0.433543	0.447429	0.421002	0.392313	0.433683	0.422712	0.422895	0.433832	0.423229
	0.425423	0.441118	0.425272	0.430389	0.436678	0.426299	0.428899	0.430444	0.426756	0.426807	0.430502	0.426901
	0.422822	0.445992	0.422485	0.431418	0.440268	0.424604	0.41788	0.431501	0.425458	0.425551	0.431589	0.425722
	0.433172	0.424744	0.433552	0.427164	0.424932	0.431409	0.457907	0.427129	0.430689	0.430615	0.427092	0.430481
	0.459288	0.3419	0.461155	0.413912	0.3697	0.449554	0.498833	0.413489	0.444968	0.44447	0.413041	0.44356
	0.434613	0.421366	0.435088	0.426535	0.422559	0.432371	0.462617	0.426483	0.431433	0.431335	0.426427	0.431159
	...											
	0.414133	0.408746	0.40224	0.440122								
	0.420674	0.417905	0.414686	0.435421								
	0.426215	0.425563	0.424937	0.431138								
	0.424443	0.423124	0.421689	0.43254								
	0.431553	0.432844	0.434528	0.426719								
	0.450425	0.457618	0.465622	0.408208								
	0.432557	0.434201	0.436297	0.425853								

Πίνακας 18. Πίνακας αποτελεσμάτων για τις μετρήσεις επιπέδων σακχάρου του αίματος.

The initial C values												
C0: 302												
C1: 204												

Διπλωματική εργασία

Ζουμή Ειρήνη

C2: 100												
C3: 95												
C4: 20												
	LOOP_1											
The updated C values	This is the E step											
C0: 214.812	0.146338	0.158822	0.145172	0.427415	0.408936	0.499534	0.152214	0.142831	0.188267	0.168786	0.143859	0.341285
C1: 154.476	0.379803	0.371305	0.401615	0.5	0.499481	0.476075	0.374797	0.395886	0.364323	0.367881	0.383455	0.490834
C2: 124.667	0.493026	0.485701	0.499793	0.418255	0.425308	0.383221	0.489287	0.499047	0.472203	0.480826	0.495049	0.449174
C3: 123.376	0.494979	0.488318	0.5	0.410206	0.417324	0.376993	0.491633	0.499717	0.475341	0.483705	0.496713	0.441973
C4: 101.249	0.485854	0.495854	0.45342	0.244124	0.24895	0.264177	0.492068	0.462519	0.499865	0.498802	0.480923	0.276734
	...											
	0.499448	0.490951	0.469536	0.437572	0.403885	0.271895	0.151179	0.145172	0.142831	0.499973	0.166211	0.387712
	0.476406	0.487448	0.496028	0.49982	0.499176	0.473276	0.410146	0.401615	0.395886	0.473155	0.36862	0.497788
	0.38335	0.389858	0.400688	0.414244	0.427188	0.471139	0.499921	0.499793	0.499047	0.382204	0.482044	0.43309
	0.377097	0.38273	0.392901	0.406196	0.419236	0.465436	0.499436	0.5	0.499717	0.376211	0.484867	0.425271
	0.263699	0.249012	0.240847	0.242169	0.250515	0.318254	0.439319	0.45342	0.462519	0.268457	0.498258	0.256139
	...											
	0.292909	0.490449	0.296426	0.142831	0.146338	0.14846	0.158042	0.14218	0.408936	0.153243	0.222544	0.435625
	0.479492	0.487795	0.480454	0.395886	0.379803	0.377646	0.37165	0.389162	0.499481	0.412429	0.455064	0.499883
	0.464747	0.390154	0.463655	0.499047	0.493026	0.491575	0.486105	0.497355	0.425308	0.499777	0.485104	0.415021
	0.458519	0.382999	0.457345	0.499717	0.494979	0.493698	0.488696	0.498564	0.417324	0.499107	0.480926	0.406971
	0.304332	0.248603	0.30212	0.462519	0.485854	0.488621	0.495507	0.472739	0.24895	0.435445	0.356362	0.2425
	...											
	0.499975	0.499745	0.167923	0.379072	0.14354	0.143859	0.485727	0.278868	0.495373	0.143421	0.202521	0.465932
	0.471274	0.475089	0.36812	0.496811	0.384115	0.383455	0.490524	0.47543	0.483604	0.39773	0.445786	0.496796
	0.38166	0.382853	0.481232	0.436175	0.495365	0.495049	0.392784	0.469044	0.387022	0.499351	0.490223	0.402315
	0.375817	0.376705	0.484092	0.428445	0.496976	0.496713	0.385417	0.46316	0.380197	0.499872	0.486815	0.394472
	0.271274	0.265608	0.498633	0.259496	0.480005	0.480923	0.245548	0.313498	0.253805	0.459625	0.374654	0.240485
	...											
	0.162371	0.199868	0.144984	0.143786	0.495373	0.150895	0.158822	0.144661	0.493985	0.264977	0.158822	0.162371
	0.420839	0.444446	0.381565	0.398677	0.483604	0.375698	0.371305	0.400619	0.485005	0.471046	0.371305	0.420839
	0.498653	0.490869	0.494064	0.499483	0.387022	0.490062	0.485701	0.499704	0.387968	0.47319	0.485701	0.498653
	0.497297	0.487572	0.495878	0.499927	0.380197	0.492338	0.488318	0.499992	0.381033	0.467675	0.488318	0.497297
	0.420839	0.377245	0.48351	0.458127	0.253805	0.491008	0.495854	0.455024	0.25201	0.323112	0.495854	0.420839

Διπλωματική εργασία

Ζουμή Ειρήνη

	0.380811	0.378248	0.376654	0.377634	0.382139	0.45094	0.485365	0.477567	0.472004	0.381574	0.441362	0.385763
	0.378931	0.375862	0.373612	0.37386	0.37771	0.446369	0.487057	0.479476	0.473993	0.379814	0.443116	0.381059
	0.34442	0.331343	0.31571	0.300237	0.289072	0.336323	0.499904	0.499005	0.496698	0.34762	0.469039	0.28566
	...											
	0.325364	0.488017	0.334495	0.151653	0.206159	0.214242	0.238684	0.173457	0.491739	0.104507	0.12723	0.499183
	0.498853	0.427198	0.498319	0.405652	0.397086	0.396247	0.394259	0.401544	0.459749	0.419716	0.482849	0.449586
	0.433915	0.378171	0.431227	0.472004	0.455275	0.452849	0.445581	0.465226	0.381215	0.487314	0.488769	0.377794
	0.428853	0.375764	0.426111	0.473993	0.457255	0.454802	0.447422	0.467251	0.376878	0.488925	0.486489	0.373979
	0.313015	0.330849	0.309849	0.496698	0.484225	0.481861	0.474053	0.492523	0.290419	0.499538	0.414664	0.299457
	...											
	0.470489	0.474352	0.255634	0.472691	0.190691	0.193007	0.491135	0.286728	0.483356	0.145896	0.089643	0.49825
	0.417796	0.419496	0.393336	0.471371	0.398971	0.398664	0.429605	0.499984	0.424175	0.406926	0.467804	0.438021
	0.382014	0.38112	0.440599	0.388152	0.459953	0.45925	0.37758	0.445149	0.379127	0.473817	0.497657	0.376601
	0.380319	0.37929	0.442335	0.383315	0.461968	0.46126	0.375004	0.440382	0.37694	0.475786	0.496605	0.373469
	0.349381	0.345742	0.468096	0.284471	0.488418	0.487819	0.326675	0.327758	0.336402	0.497574	0.448291	0.31366
	...											
	0.086451	0.086182	0.199741	0.142981	0.483356	0.22181	0.240225	0.137088	0.484896	0.246002	0.240225	0.086451
	0.429412	0.465535	0.397823	0.407607	0.424175	0.395545	0.39416	0.409061	0.425114	0.499246	0.39416	0.429412
	0.493722	0.498364	0.45721	0.47474	0.379127	0.450588	0.445127	0.476616	0.378803	0.456746	0.445127	0.493722
	0.494936	0.497476	0.459207	0.476697	0.37694	0.452511	0.446959	0.478542	0.376548	0.452402	0.446959	0.494936
	0.495478	0.452443	0.486019	0.497975	0.336402	0.479547	0.47353	0.498694	0.334639	0.345603	0.47353	0.495478
	...											
	0.493773	0.193007	0.227167	0.148788	0.493773	0.195288	0.114115	0.49961	0.104507	0.470181	0.102883	0.244699
	0.43203	0.398664	0.395096	0.406275	0.43203	0.398371	0.478792	0.448131	0.419716	0.417667	0.474505	0.39389
	0.377129	0.45925	0.448993	0.472905	0.377129	0.458558	0.492021	0.377488	0.487314	0.382086	0.494703	0.443808
	0.374387	0.46126	0.450893	0.474885	0.374387	0.460564	0.4901	0.373754	0.488925	0.380402	0.493137	0.445614
	0.32268	0.487819	0.477852	0.497147	0.32268	0.487219	0.424972	0.301017	0.499538	0.349663	0.434773	0.471988
	...											
	0.383586	0.086451	0.476053	0.491739	0.080637	0.244699	0.206159	0.168208	0.091139	0.122145	0.251695	0.074479
	0.493511	0.429412	0.420294	0.459749	0.460993	0.39389	0.397086	0.402438	0.426378	0.413298	0.393519	0.443736
	0.416527	0.493722	0.380733	0.381215	0.499382	0.443808	0.455275	0.466845	0.491993	0.48144	0.441753	0.498969
	0.411233	0.494936	0.37884	0.376878	0.49881	0.445614	0.457255	0.468868	0.493341	0.48326	0.443515	0.49946
	0.295142	0.495478	0.34408	0.290419	0.460178	0.471988	0.484225	0.493641	0.49715	0.499858	0.469519	0.483356
	...											
	0.219965	0.195288	0.237119	0.247564	0.089643	0.248963	0.235742	0.39074	0.477099	0.477806	0.467284	0.165531
	0.395709	0.398371	0.394363	0.393731	0.467804	0.393657	0.49874	0.492503	0.420802	0.421154	0.473698	0.402917

Διπλωματική εργασία

Ζουμή Ειρήνη

	0.451138	0.458558	0.446044	0.442965	0.497657	0.442555	0.459627	0.414346	0.380497	0.380338	0.389998	0.467674
	0.453069	0.460564	0.447893	0.444754	0.496605	0.444334	0.455409	0.409044	0.378565	0.378379	0.385076	0.469694
	0.48012	0.487219	0.474582	0.470986	0.448291	0.470492	0.350482	0.293366	0.343037	0.342323	0.283944	0.494185
	...											
	0.206159	0.137088	0.232265	0.478883								
	0.397086	0.409061	0.394704	0.421702								
	0.455275	0.476616	0.44748	0.380098								
	0.457255	0.478542	0.449355	0.378098								
	0.484225	0.498694	0.476196	0.341219								
	LOOP_3											
The updated C values	This is the E step											
C0: 192.984	0.230072	0.263348	0.148725	0.499685	0.499557	0.464598	0.249171	0.170418	0.300115	0.27885	0.216518	0.461031
C1: 138.184	0.410995	0.406845	0.425403	0.423081	0.428077	0.405864	0.408501	0.420888	0.40332	0.405223	0.412953	0.453738
C2: 127.821	0.445594	0.436556	0.467924	0.374878	0.375187	0.38322	0.4404	0.461932	0.426628	0.432362	0.44929	0.386799
C3: 127.398	0.446848	0.437667	0.469308	0.372623	0.372676	0.382226	0.441578	0.463316	0.427527	0.433391	0.450589	0.38338
C4: 119.924	0.466491	0.455584	0.48864	0.329733	0.324504	0.364091	0.46035	0.483446	0.442411	0.450173	0.47065	0.315052
	...											
	0.464929	0.477127	0.489699	0.498545	0.498966	0.28864	0.116072	0.148725	0.170418	0.461753	0.275287	0.495165
	0.405928	0.408816	0.413529	0.420588	0.429563	0.491311	0.433426	0.425403	0.420888	0.405332	0.405579	0.434726
	0.383136	0.380066	0.376996	0.375043	0.375425	0.434507	0.47701	0.467924	0.461932	0.383944	0.433325	0.376715
	0.382136	0.378786	0.375339	0.372928	0.372844	0.431002	0.478331	0.469308	0.463316	0.383008	0.434374	0.373909
	0.363871	0.355206	0.344436	0.332897	0.323202	0.354541	0.49516	0.48864	0.483446	0.365963	0.451435	0.319484
	...											
	0.361135	0.477561	0.371486	0.170418	0.230072	0.238191	0.261893	0.195464	0.499557	0.107393	0.092714	0.498825
	0.480134	0.408941	0.478124	0.420888	0.410995	0.409897	0.407007	0.416321	0.428077	0.435874	0.496872	0.421054
	0.414699	0.379957	0.411848	0.461932	0.445594	0.443384	0.43695	0.45505	0.375187	0.479443	0.486685	0.374994
	0.410992	0.378667	0.408133	0.463316	0.446848	0.444608	0.438068	0.4564	0.372676	0.480731	0.484992	0.372852
	0.33304	0.354874	0.330409	0.483446	0.466491	0.46392	0.456081	0.476764	0.324504	0.496559	0.438737	0.332274
	...											
	0.459975	0.463625	0.277684	0.491754	0.214083	0.216518	0.481142	0.314623	0.472564	0.16347	0.046442	0.491133
	0.40502	0.405677	0.405339	0.437764	0.413322	0.412953	0.410054	0.487845	0.407606	0.422273	0.4853	0.414289
	0.384397	0.383467	0.432677	0.377786	0.449955	0.44929	0.37907	0.427438	0.381207	0.463848	0.498299	0.376658
	0.383497	0.382494	0.433713	0.37486	0.451261	0.450589	0.377684	0.423832	0.380038	0.465235	0.497697	0.374947
	0.367111	0.364737	0.450588	0.317836	0.471379	0.47065	0.35205	0.346263	0.358585	0.485174	0.472262	0.342973

Διπλωματική εργασία

Ζουμή Ειρήνη

	...											
	0.076763	0.043251	0.223514	0.15989	0.472564	0.24566	0.263348	0.152517	0.474177	0.261289	0.263348	0.076763
	0.446115	0.483211	0.411922	0.423009	0.407606	0.408936	0.406845	0.424573	0.408013	0.494354	0.406845	0.446115
	0.488116	0.499029	0.447381	0.464836	0.381207	0.441354	0.436556	0.466874	0.380802	0.441916	0.436556	0.488116
	0.489205	0.498569	0.448658	0.466224	0.380038	0.442547	0.437667	0.46826	0.379595	0.438547	0.437667	0.489205
	0.499802	0.47594	0.468524	0.486041	0.358585	0.461503	0.455584	0.487776	0.357412	0.363894	0.455584	0.499802
	...											
	0.484415	0.216518	0.250874	0.16698	0.484415	0.218901	0.075149	0.498242	0.107393	0.459688	0.061048	0.267552
	0.411218	0.412953	0.408293	0.421567	0.411218	0.412597	0.494274	0.420137	0.435874	0.40497	0.491045	0.406386
	0.378268	0.44929	0.439938	0.46288	0.378268	0.44864	0.491193	0.375098	0.479443	0.384471	0.494748	0.435418
	0.376787	0.450589	0.441109	0.464266	0.376787	0.449931	0.489821	0.37301	0.480731	0.383576	0.493694	0.436507
	0.349312	0.47065	0.459787	0.484308	0.349312	0.469931	0.449563	0.333513	0.496559	0.367295	0.459464	0.454137
	...											
	0.422572	0.076763	0.465262	0.499557	0.039191	0.267552	0.230072	0.189601	0.085408	0.132881	0.274056	0.047216
	0.466176	0.446115	0.405994	0.428077	0.47887	0.406386	0.410995	0.417333	0.442908	0.429088	0.405704	0.461236
	0.397665	0.488116	0.383052	0.375187	0.499865	0.435418	0.445594	0.456658	0.48565	0.472321	0.433658	0.49677
	0.394018	0.489205	0.382044	0.372676	0.499671	0.436507	0.446848	0.458019	0.486812	0.473686	0.434713	0.497398
	0.319568	0.499802	0.363649	0.324504	0.482402	0.454137	0.466491	0.478389	0.499222	0.492025	0.451869	0.49738
	...											
	0.24385	0.218901	0.26041	0.270226	0.046442	0.271526	0.247254	0.42934	0.466278	0.466971	0.488749	0.186572
	0.409165	0.412597	0.407175	0.406101	0.4853	0.405965	0.495677	0.464271	0.406198	0.406341	0.439982	0.417869
	0.441846	0.44864	0.437352	0.434694	0.498299	0.434342	0.445705	0.395769	0.382794	0.382618	0.378703	0.457489
	0.443046	0.449931	0.438478	0.43577	0.497697	0.435411	0.442418	0.392147	0.381765	0.381575	0.375696	0.458856
	0.462093	0.469931	0.456586	0.453209	0.472262	0.452756	0.368946	0.318473	0.362965	0.362495	0.31687	0.479214
	...											
	0.230072	0.152517	0.255783	0.468033								
	0.410995	0.424573	0.407708	0.406565								
	0.445594	0.466874	0.438606	0.382349								
	0.446848	0.46826	0.439754	0.381283								
	0.466491	0.487776	0.458149	0.36177								
	LOOP_4											
The updated C values	This is the E Step											
C0: 188.472	0.24472	0.27639	0.16227	0.497384	0.499754	0.458765	0.26301	0.185121	0.310423	0.290847	0.231531	0.476644
C1: 135.308	0.418501	0.413481	0.434399	0.406615	0.409627	0.399025	0.415531	0.429553	0.408738	0.411382	0.420762	0.429107

Διπλωματική εργασία

Ζουμή Ειρήνη

C2: 128.537	0.440503	0.432223	0.462107	0.374891	0.374325	0.384769	0.43572	0.456113	0.423334	0.428446	0.443955	0.380622
C3: 128.264	0.441327	0.432938	0.463076	0.3735	0.372764	0.384168	0.436484	0.457062	0.423902	0.429102	0.444815	0.37838
C4: 123.419	0.45495	0.444969	0.478147	0.34761	0.343529	0.373274	0.449255	0.472151	0.433603	0.440223	0.458937	0.335246
	...											
	0.459079	0.470931	0.484024	0.495152	0.49997	0.309754	0.12627	0.16227	0.185121	0.456068	0.287538	0.49914
	0.399039	0.399862	0.401711	0.405217	0.410575	0.473878	0.442862	0.434399	0.429553	0.398913	0.411852	0.41404
	0.384687	0.381632	0.378271	0.375446	0.374285	0.424553	0.471565	0.462107	0.456113	0.385465	0.42931	0.374555
	0.384083	0.380857	0.377263	0.374147	0.372676	0.422002	0.472524	0.463076	0.457062	0.384899	0.42998	0.372789
	0.373112	0.366718	0.35873	0.350037	0.342495	0.369813	0.486779	0.478147	0.472151	0.374654	0.44132	0.339476
	...											
	0.386462	0.471364	0.396748	0.185121	0.24472	0.252535	0.275024	0.210658	0.499754	0.116302	0.076105	0.495627
	0.457401	0.399904	0.45483	0.429553	0.418501	0.417208	0.413685	0.424551	0.409627	0.445419	0.499995	0.405473
	0.404427	0.38152	0.401722	0.456113	0.440503	0.438459	0.43258	0.44942	0.374325	0.474187	0.485471	0.375327
	0.401821	0.380739	0.399127	0.457062	0.441327	0.439258	0.4333	0.450328	0.372764	0.475133	0.484241	0.374011
	0.349888	0.366473	0.347573	0.472151	0.45495	0.45254	0.445412	0.465042	0.343529	0.48896	0.454188	0.349562
	...											
	0.454393	0.45784	0.289765	0.497563	0.229142	0.231531	0.474976	0.338125	0.466433	0.177883	0.02443	0.485632
	0.398855	0.398984	0.411535	0.416203	0.421183	0.420762	0.400297	0.468273	0.39948	0.431049	0.493612	0.402052
	0.385898	0.385007	0.428728	0.374998	0.44458	0.443955	0.380591	0.417117	0.38279	0.458011	0.498749	0.37786
	0.385353	0.384419	0.429389	0.373146	0.445446	0.444815	0.379751	0.414522	0.382083	0.458968	0.498394	0.376818
	0.375501	0.37375	0.440583	0.33809	0.459649	0.458937	0.364385	0.361962	0.369213	0.474089	0.484815	0.357637
	...											
	0.079278	0.021705	0.238361	0.174124	0.466433	0.259672	0.27639	0.16632	0.468014	0.278947	0.27639	0.079278
	0.456018	0.491924	0.419578	0.431839	0.39948	0.416059	0.413481	0.433513	0.399603	0.479401	0.413481	0.456018
	0.483944	0.499427	0.442167	0.458997	0.38279	0.436593	0.432223	0.461045	0.382383	0.432619	0.432223	0.483944
	0.484789	0.499184	0.443009	0.459958	0.382083	0.437368	0.432938	0.462011	0.381653	0.430142	0.432938	0.484789
	0.495972	0.48776	0.456885	0.475082	0.369213	0.450308	0.444969	0.477111	0.368348	0.378891	0.444969	0.495972
	...											
	0.478352	0.231531	0.264626	0.181548	0.478352	0.233863	0.055336	0.494665	0.116302	0.454123	0.039375	0.280327
	0.400742	0.420762	0.415278	0.430287	0.400742	0.420355	0.499347	0.404973	0.445419	0.398847	0.497682	0.412897
	0.379724	0.443955	0.435298	0.45705	0.379724	0.443344	0.490838	0.375568	0.474187	0.385968	0.494944	0.431194
	0.378825	0.444815	0.436056	0.458003	0.378825	0.444198	0.489868	0.374287	0.475133	0.385427	0.49423	0.431894
	0.362356	0.458937	0.448743	0.473112	0.362356	0.45824	0.464611	0.350507	0.48896	0.375636	0.473768	0.443689
	...											
	0.444609	0.079278	0.459396	0.499754	0.019276	0.280327	0.24472	0.204753	0.090073	0.145071	0.286393	0.038676
	0.441139	0.456018	0.399054	0.409627	0.488193	0.412897	0.418501	0.425671	0.452715	0.438304	0.412016	0.471363

Διτλωματική εργασία

Ζουμή Ειρήνη

	0.38911	0.483944	0.384606	0.374325	0.499996	0.431194	0.440503	0.450967	0.481095	0.466623	0.429609	0.494703
	0.386644	0.484789	0.383996	0.372764	0.499959	0.431894	0.441327	0.451887	0.48198	0.467594	0.430284	0.495259
	0.338497	0.495972	0.372948	0.343529	0.492576	0.443689	0.45495	0.466722	0.494137	0.482407	0.441698	0.5
	...											
	0.257947	0.233863	0.273629	0.282824	0.02443	0.284037	0.262795	0.450538	0.460366	0.461029	0.495923	0.201686
	0.416334	0.420355	0.413895	0.412532	0.493612	0.412355	0.482075	0.439167	0.399102	0.399137	0.41784	0.426262
	0.437044	0.443344	0.432944	0.430541	0.498749	0.430224	0.436844	0.387543	0.384355	0.384184	0.375449	0.451771
	0.437825	0.444198	0.43367	0.431231	0.498394	0.430909	0.434417	0.385106	0.383733	0.383553	0.373536	0.452696
	0.45085	0.45824	0.445862	0.442872	0.484815	0.442474	0.383869	0.337645	0.372444	0.372098	0.337252	0.467586
	...											
	0.24472	0.16632	0.269269	0.462047								
	0.418501	0.433513	0.414559	0.399193								
	0.440503	0.461045	0.434084	0.383921								
	0.441327	0.462011	0.434825	0.383276								
	0.45495	0.477111	0.447263	0.371562								
	LOOP_5											
The updated C values	This is the E step											
C0: 185.185	0.255254	0.285384	0.174005	0.494732	0.498439	0.454875	0.272713	0.197012	0.317291	0.29899	0.242556	0.485217
C1: 133.636	0.422606	0.417093	0.439378	0.396901	0.398513	0.395244	0.419366	0.434335	0.411675	0.414728	0.425042	0.412268
C2: 129.07	0.43719	0.429455	0.458035	0.375573	0.374604	0.385872	0.432708	0.452135	0.42126	0.425961	0.440449	0.377914
C3: 128.887	0.437746	0.429932	0.458716	0.374671	0.373587	0.385486	0.433221	0.452793	0.421635	0.426397	0.441033	0.37641
C4: 125.639	0.447203	0.438136	0.469866	0.358123	0.354857	0.378523	0.441992	0.463725	0.428139	0.433924	0.450919	0.348191
	...											
	0.455176	0.466659	0.479804	0.491949	0.499105	0.327946	0.136781	0.174005	0.197012	0.452298	0.295884	0.499992
	0.39523	0.39486	0.394995	0.396241	0.399062	0.457201	0.448103	0.439378	0.434335	0.395372	0.415261	0.401206
	0.385795	0.382834	0.37944	0.376296	0.374428	0.41817	0.467577	0.458035	0.452135	0.386536	0.426758	0.374183
	0.385406	0.382335	0.37879	0.375455	0.373378	0.416333	0.468267	0.458716	0.452793	0.386173	0.427204	0.373025
	0.378393	0.373312	0.366971	0.360059	0.354026	0.38035	0.479271	0.469866	0.463725	0.379621	0.434892	0.351593
	...											
	0.404937	0.467084	0.414768	0.197012	0.255254	0.262735	0.284094	0.22225	0.498439	0.126226	0.068471	0.492521
	0.43857	0.394853	0.435899	0.434335	0.422606	0.421203	0.417322	0.429077	0.398513	0.450723	0.498773	0.396356
	0.398438	0.382724	0.39592	0.452135	0.43719	0.43527	0.429786	0.44566	0.374604	0.470282	0.48483	0.376148
	0.396609	0.382221	0.394106	0.452793	0.437746	0.435808	0.430267	0.446282	0.373587	0.470968	0.483942	0.375295
	0.361446	0.373117	0.359307	0.463725	0.447203	0.444985	0.438531	0.456731	0.354857	0.481801	0.463985	0.35968

Διπλωματική εργασία

Ζουμή Ειρήνη

...												
0.450702	0.453991	0.297975	0.499525	0.240245	0.242556	0.470652	0.357117	0.462269	0.189771	0.013203	0.481475	
0.395458	0.395286	0.414902	0.402636	0.425493	0.425042	0.394823	0.450548	0.39496	0.435896	0.497265	0.395077	
0.386948	0.3861	0.426221	0.374293	0.441042	0.440449	0.381803	0.410691	0.383966	0.453992	0.499106	0.379008	
0.386598	0.385722	0.426661	0.373074	0.441631	0.441033	0.381262	0.408838	0.383511	0.454659	0.498897	0.378336	
0.380295	0.378901	0.434241	0.350472	0.451589	0.450919	0.371459	0.372806	0.375294	0.465683	0.49153	0.366103	
...												
0.085814	0.010963	0.249144	0.185994	0.462269	0.269539	0.285384	0.178114	0.463806	0.295469	0.285384	0.085814	
0.461523	0.49597	0.42377	0.436719	0.39496	0.419946	0.417093	0.438459	0.394919	0.464134	0.417093	0.461523	
0.480632	0.499694	0.438758	0.454961	0.383966	0.433523	0.429455	0.456982	0.38357	0.4265	0.429455	0.480632	
0.481266	0.499569	0.439328	0.455631	0.383511	0.434044	0.429932	0.457659	0.3831	0.424703	0.429932	0.481266	
0.490765	0.493805	0.448999	0.466695	0.375294	0.442948	0.438136	0.468786	0.374606	0.389194	0.438136	0.490765	
...												
0.474025	0.242556	0.274247	0.193443	0.474025	0.244808	0.045302	0.491372	0.126226	0.450445	0.02806	0.289098	
0.394839	0.425042	0.419087	0.435101	0.394839	0.424605	0.499921	0.396132	0.450723	0.395472	0.499728	0.41644	
0.380933	0.440449	0.432314	0.45305	0.380933	0.439871	0.490801	0.376446	0.470282	0.387014	0.495253	0.428501	
0.380354	0.441033	0.432823	0.453713	0.380354	0.440451	0.490116	0.375616	0.470968	0.386666	0.494766	0.428968	
0.369849	0.450919	0.441528	0.464693	0.369849	0.450265	0.47386	0.360434	0.481801	0.380403	0.482193	0.436993	
...												
0.458522	0.085814	0.45548	0.498439	0.010016	0.289098	0.255254	0.216454	0.097819	0.156385	0.294808	0.038142	
0.422631	0.461523	0.395216	0.398513	0.492844	0.41644	0.422606	0.43026	0.458168	0.443415	0.415447	0.476915	
0.384726	0.480632	0.385716	0.374604	0.499961	0.428501	0.43719	0.447147	0.477558	0.462553	0.427035	0.492821	
0.38304	0.481266	0.385325	0.373587	0.499991	0.428968	0.437746	0.447779	0.478215	0.463242	0.427484	0.493273	
0.35108	0.490765	0.378263	0.354857	0.497188	0.436993	0.447203	0.45836	0.48824	0.474406	0.435226	0.498849	
...												
0.267897	0.244808	0.282776	0.29145	0.013203	0.292592	0.278137	0.463665	0.456411	0.457048	0.498733	0.213435	
0.420247	0.424605	0.417556	0.416029	0.497265	0.415831	0.467645	0.420849	0.395174	0.395147	0.403758	0.430882	
0.433945	0.439871	0.430124	0.427897	0.499106	0.427604	0.430948	0.383412	0.385476	0.385312	0.374489	0.447922	
0.43447	0.440451	0.430609	0.428356	0.498897	0.42806	0.42918	0.381751	0.385076	0.384906	0.373227	0.448558	
0.443441	0.450265	0.438935	0.436267	0.49153	0.435914	0.394091	0.350322	0.377862	0.377586	0.349792	0.459203	
...												
0.255254	0.178114	0.278651	0.458028									
0.422606	0.438459	0.418293	0.395107									
0.43719	0.456982	0.431184	0.38506									
0.437746	0.457659	0.43168	0.384645									
0.447203	0.468786	0.440193	0.377161									

Διπλωματική εργασία

Ζουμή Ειρήνη

	LOOP_6											
The updated C values	This is the E step											
C0: 182.593	0.263495	0.29226	0.184117	0.492203	0.49674	0.451944	0.280198	0.206914	0.322443	0.305161	0.251279	0.490504
C1: 132.641	0.424814	0.419049	0.442024	0.390955	0.391608	0.393052	0.421435	0.436881	0.413277	0.416546	0.427338	0.400886
C2: 129.491	0.434765	0.427451	0.454918	0.376344	0.375155	0.386715	0.430519	0.449134	0.419771	0.424169	0.437869	0.376559
C3: 129.365	0.435149	0.427778	0.455401	0.375739	0.374471	0.386457	0.430871	0.449598	0.420026	0.424467	0.438274	0.375528
C4: 127.134	0.441778	0.433462	0.463541	0.364759	0.362026	0.381832	0.436977	0.457473	0.424484	0.429657	0.445241	0.356523
	...											
	0.452234	0.463376	0.476425	0.489094	0.497694	0.343694	0.146563	0.184117	0.206914	0.449465	0.30222	0.499713
	0.393021	0.39193	0.391	0.390787	0.391878	0.44342	0.450887	0.442024	0.436881	0.393323	0.417112	0.393069
	0.38664	0.383782	0.380426	0.377152	0.374902	0.41359	0.464436	0.454918	0.449134	0.38735	0.424917	0.374352
	0.386381	0.383449	0.379992	0.376589	0.374196	0.412263	0.464933	0.455401	0.449598	0.387107	0.425222	0.373571
	0.381724	0.377464	0.372157	0.366378	0.361331	0.387033	0.473181	0.463541	0.457473	0.382755	0.430529	0.359294
	...											
	0.419234	0.463792	0.428489	0.206914	0.263495	0.270664	0.291034	0.231612	0.49674	0.13574	0.065332	0.489722
	0.424217	0.391893	0.421634	0.436881	0.424814	0.423353	0.419289	0.431495	0.391608	0.453542	0.496282	0.39081
	0.394475	0.383675	0.392139	0.449134	0.434765	0.432942	0.427763	0.442865	0.375155	0.467177	0.484431	0.376989
	0.393181	0.383339	0.390859	0.449598	0.435149	0.433313	0.428093	0.443299	0.374471	0.467674	0.483786	0.376418
	0.368893	0.377301	0.36688	0.457473	0.441778	0.439727	0.433821	0.45073	0.362026	0.475868	0.470168	0.366061
	...											
	0.447933	0.451092	0.3042	0.499999	0.249049	0.251279	0.467298	0.372887	0.459095	0.199769	0.007363	0.478119
	0.393494	0.393144	0.41673	0.393951	0.427803	0.427338	0.391603	0.436323	0.392323	0.438475	0.498834	0.39092
	0.387743	0.386933	0.424414	0.374258	0.438436	0.437869	0.382774	0.406195	0.384881	0.450947	0.499375	0.379989
	0.387509	0.386681	0.424714	0.373434	0.438844	0.438274	0.382413	0.404867	0.384577	0.451418	0.499251	0.37954
	0.383321	0.38215	0.429942	0.358357	0.445868	0.445241	0.375912	0.379727	0.379124	0.459391	0.495177	0.371432
	...											
	0.093423	0.005576	0.257624	0.196032	0.459095	0.277169	0.29226	0.188209	0.460591	0.310491	0.29226	0.093423
	0.464465	0.497853	0.426021	0.439315	0.392323	0.422042	0.419049	0.441088	0.392182	0.451105	0.419049	0.464465
	0.477881	0.49986	0.436257	0.451895	0.384881	0.431289	0.427451	0.45388	0.384497	0.422009	0.427451	0.477881
	0.478352	0.499799	0.436651	0.452369	0.384577	0.431647	0.427778	0.45436	0.384183	0.420702	0.427778	0.478352
	0.485879	0.496912	0.443447	0.460389	0.379124	0.437853	0.433462	0.462463	0.378548	0.395694	0.433462	0.485879
	...											
	0.470636	0.251279	0.281661	0.203395	0.470636	0.25345	0.040211	0.488465	0.13574	0.447687	0.021985	0.295786
	0.391354	0.427338	0.421144	0.437664	0.391354	0.426886	0.498938	0.390768	0.453542	0.393522	0.499976	0.418359

Διτλωματική εργασία

Ζουμή Ειρήνη

	0.381916	0.437869	0.430147	0.450027	0.381916	0.437317	0.490872	0.377315	0.467177	0.387806	0.495565	0.426554
	0.381529	0.438274	0.430496	0.450494	0.381529	0.437719	0.490384	0.37676	0.467674	0.387574	0.49523	0.426874
	0.374565	0.445241	0.436553	0.458419	0.374565	0.444628	0.479596	0.366692	0.475868	0.383412	0.487244	0.432427
	...											
	0.468193	0.093423	0.452527	0.49674	0.005934	0.295786	0.263495	0.225966	0.106156	0.166452	0.301201	0.040945
	0.409482	0.464465	0.39299	0.391608	0.495201	0.418359	0.424814	0.432709	0.461076	0.446129	0.417308	0.479911
	0.382138	0.477881	0.386565	0.375155	0.499827	0.426554	0.434765	0.444298	0.474662	0.459396	0.425177	0.491112
	0.380967	0.478352	0.386304	0.374471	0.499881	0.426874	0.435149	0.44474	0.475146	0.459889	0.425484	0.491467
	0.359219	0.485879	0.381614	0.362026	0.499158	0.432427	0.441778	0.452286	0.48296	0.468134	0.43083	0.496565
	...											
	0.2756	0.25345	0.289781	0.298018	0.007363	0.2991	0.2925	0.472653	0.453424	0.454038	0.499794	0.223019
	0.422357	0.426886	0.419535	0.417925	0.498834	0.417715	0.455117	0.407941	0.392895	0.39283	0.39468	0.433347
	0.431688	0.437317	0.428081	0.425986	0.499375	0.425711	0.426574	0.381019	0.386335	0.386178	0.374295	0.445046
	0.432049	0.437719	0.428414	0.426301	0.499251	0.426023	0.425284	0.379868	0.386068	0.385907	0.373441	0.445492
	0.438306	0.444628	0.434188	0.43177	0.495177	0.431451	0.400525	0.358519	0.381278	0.381047	0.357791	0.453095
	...											
	0.263495	0.188209	0.285856	0.454985								
	0.424814	0.441088	0.42031	0.392732								
	0.434765	0.45388	0.42908	0.385935								
	0.435149	0.45436	0.42942	0.385658								
	0.441778	0.462463	0.435333	0.38069								
	LOOP_7											
The updated C values	This is the E step											
C0: 180.456	0.270266	0.297831	0.192913	0.489853	0.494951	0.449575	0.286296	0.215357	0.32657	0.310135	0.258495	0.493962
C1: 132.049	0.425919	0.420049	0.443293	0.387247	0.387239	0.391766	0.422484	0.438114	0.414116	0.417484	0.428477	0.393143
C2: 129.836	0.432859	0.425889	0.452387	0.377072	0.375748	0.387389	0.428806	0.446726	0.418616	0.422776	0.435833	0.375811
C3: 129.748	0.433129	0.426118	0.452734	0.376657	0.375277	0.387212	0.429053	0.447056	0.418793	0.422984	0.436119	0.375092
C4: 128.186	0.437828	0.430114	0.458673	0.369171	0.366785	0.384057	0.433361	0.452747	0.421904	0.426621	0.441076	0.361991
	...											
	0.449856	0.460689	0.473583	0.486535	0.496106	0.357396	0.155437	0.192913	0.215357	0.447181	0.307333	0.49893
	0.391724	0.390187	0.388582	0.38741	0.387313	0.432506	0.452215	0.443293	0.438114	0.392123	0.418065	0.387824
	0.387318	0.384553	0.381255	0.377929	0.375445	0.410005	0.461832	0.452387	0.446726	0.387999	0.423485	0.374695
	0.38714	0.384325	0.380958	0.377542	0.374959	0.409039	0.462194	0.452734	0.447056	0.387833	0.423698	0.374155
	0.383963	0.380246	0.375621	0.370584	0.366177	0.391054	0.468322	0.458673	0.452747	0.384863	0.427419	0.364396

Διπλωματική εργασία

Ζουμή Ειρήνη

...												
0.430695	0.461096	0.439353	0.215357	0.270266	0.277155	0.29666	0.239453	0.494951	0.144504	0.064358	0.487198	
0.413494	0.390132	0.41107	0.438114	0.425919	0.424436	0.420294	0.432681	0.387239	0.454889	0.493708	0.387371	
0.391583	0.384449	0.389413	0.446726	0.432859	0.431117	0.426185	0.440643	0.375748	0.464585	0.484137	0.377758	
0.390657	0.384219	0.388499	0.447056	0.433129	0.431378	0.426416	0.440951	0.375277	0.464948	0.483665	0.377366	
0.373571	0.380103	0.371665	0.452747	0.437828	0.435914	0.430445	0.446273	0.366785	0.471074	0.474132	0.370308	
...												
0.445704	0.448752	0.309219	0.499764	0.256342	0.258495	0.464535	0.386214	0.456511	0.208345	0.004208	0.475283	
0.392347	0.391888	0.417674	0.388306	0.428949	0.428477	0.389678	0.425288	0.390763	0.439719	0.499499	0.388396	
0.388376	0.387599	0.423008	0.374462	0.436377	0.435833	0.383571	0.402753	0.38562	0.448495	0.499576	0.38082	
0.388216	0.387426	0.423217	0.373893	0.436665	0.436119	0.383323	0.401792	0.385412	0.448831	0.499502	0.380513	
0.385357	0.384335	0.426882	0.363575	0.441667	0.441076	0.378893	0.383952	0.381694	0.45461	0.497216	0.374989	
...												
0.101068	0.002849	0.264614	0.20467	0.456511	0.283394	0.297831	0.196958	0.457969	0.323993	0.297831	0.101068	
0.465895	0.498747	0.427144	0.440566	0.390763	0.423102	0.420049	0.442351	0.39056	0.440565	0.420049	0.465895	
0.47551	0.499953	0.434287	0.449422	0.38562	0.42954	0.425889	0.451367	0.385248	0.418419	0.425889	0.47551	
0.475861	0.499928	0.434564	0.449761	0.385412	0.429791	0.426118	0.451711	0.385033	0.417463	0.426118	0.475861	
0.481666	0.498523	0.439391	0.455582	0.381694	0.434173	0.430114	0.457613	0.381191	0.39956	0.430114	0.481666	
...												
0.467827	0.258495	0.287697	0.211906	0.467827	0.26059	0.037553	0.485874	0.144504	0.445466	0.018517	0.301197	
0.389261	0.428477	0.422187	0.438903	0.389261	0.42802	0.497596	0.387452	0.454889	0.392383	0.499623	0.419343	
0.382729	0.435833	0.428452	0.447596	0.382729	0.435304	0.490974	0.378099	0.464585	0.388436	0.495854	0.425037	
0.382464	0.436119	0.428697	0.44793	0.382464	0.435587	0.490622	0.377718	0.464948	0.388277	0.495619	0.42526	
0.377719	0.441076	0.432968	0.453665	0.377719	0.4405	0.483254	0.370857	0.471074	0.385437	0.490387	0.429162	
...												
0.4753	0.101068	0.450139	0.494951	0.004385	0.301197	0.270266	0.233964	0.114265	0.175369	0.306361	0.045102	
0.400173	0.465895	0.391682	0.387239	0.496419	0.419343	0.425919	0.433907	0.462479	0.447425	0.418267	0.481447	
0.38043	0.47551	0.387245	0.375748	0.49963	0.425037	0.432859	0.442029	0.472193	0.45681	0.423731	0.489542	
0.379605	0.475861	0.387066	0.375277	0.49969	0.42526	0.433129	0.442342	0.472551	0.457166	0.423945	0.489817	
0.364492	0.481666	0.383867	0.366785	0.499875	0.429162	0.437828	0.447758	0.478512	0.46323	0.427696	0.494092	
...												
0.28189	0.26059	0.295463	0.303326	0.004208	0.304359	0.305646	0.479169	0.451008	0.451602	0.499993	0.231094	
0.423422	0.42802	0.420546	0.418899	0.499499	0.418684	0.444869	0.398862	0.391555	0.391467	0.388743	0.434551	
0.42992	0.435304	0.426488	0.424499	0.499576	0.424238	0.423045	0.379467	0.387024	0.386872	0.374389	0.442754	
0.430174	0.435587	0.42672	0.424718	0.499502	0.424455	0.422099	0.378658	0.386841	0.386687	0.373797	0.44307	
0.434594	0.4405	0.430783	0.428558	0.497216	0.428265	0.404341	0.363843	0.383573	0.383371	0.363079	0.448532	

Διπλωματική εργασία

Ζουμή Ειρήνη

...												
0.270266	0.196958	0.291711	0.452519									
0.425919	0.442351	0.421337	0.391334									
0.432859	0.451367	0.427437	0.386638									
0.433129	0.451711	0.427675	0.386449									
0.437828	0.457613	0.43184	0.38306									
LOOP_8												
The updated C values	This is the E step											
C0: 178.641	0.276002	0.302508	0.20065	0.487678	0.493174	0.447583	0.291434	0.22269	0.330009	0.314297	0.264637	0.496281
C1: 131.706	0.426368	0.420481	0.443735	0.384918	0.384451	0.391021	0.422926	0.438558	0.414503	0.417902	0.428928	0.387822
C2: 130.129	0.431292	0.424613	0.450254	0.377732	0.376317	0.387947	0.427404	0.444712	0.417678	0.421641	0.434154	0.375372
C3: 130.066	0.431484	0.424775	0.450506	0.377441	0.375988	0.387823	0.427579	0.44495	0.417803	0.421788	0.434358	0.374863
C4: 128.955	0.434853	0.427622	0.454855	0.37223	0.370071	0.385626	0.430656	0.44909	0.420007	0.424373	0.437922	0.365661
...												
0.447855	0.458405	0.471121	0.484219	0.494474	0.369385	0.163454	0.20065	0.22269	0.445263	0.311614	0.497899	
0.390973	0.389158	0.38712	0.385309	0.384386	0.423944	0.452664	0.443735	0.438558	0.391432	0.418487	0.384409	
0.387878	0.385198	0.381963	0.378618	0.375981	0.407032	0.4596	0.450254	0.444712	0.388535	0.422317	0.375086	
0.387754	0.385039	0.381755	0.378348	0.37564	0.406324	0.459865	0.450506	0.44495	0.388419	0.422468	0.374708	
0.385541	0.382199	0.378041	0.373505	0.369519	0.393315	0.464416	0.454855	0.44909	0.38635	0.425114	0.367898	
...												
0.440095	0.458803	0.448171	0.22269	0.276002	0.282641	0.301385	0.246181	0.493174	0.152496	0.064396	0.484905	
0.405481	0.389092	0.403233	0.438558	0.426368	0.424883	0.420728	0.43313	0.384451	0.455345	0.491441	0.385227	
0.389324	0.385097	0.387307	0.444712	0.431292	0.42962	0.424896	0.438801	0.376317	0.462352	0.483894	0.378443	
0.388655	0.384936	0.386648	0.44495	0.431484	0.429805	0.42506	0.439021	0.375988	0.462618	0.483544	0.378169	
0.376446	0.382072	0.37464	0.44909	0.434853	0.433052	0.427931	0.442867	0.370071	0.467188	0.476725	0.373256	
...												
0.443833	0.446785	0.31342	0.49915	0.262555	0.264637	0.462176	0.397616	0.454326	0.215822	0.002429	0.472815	
0.391687	0.391162	0.418093	0.384598	0.429399	0.428928	0.388534	0.416774	0.389849	0.440163	0.499776	0.386865	
0.388898	0.388149	0.421862	0.374752	0.434679	0.434154	0.384239	0.399954	0.386235	0.446439	0.499724	0.381531	
0.388786	0.388028	0.42201	0.374352	0.434885	0.434358	0.384067	0.399253	0.38609	0.446682	0.499681	0.381316	
0.386795	0.385875	0.424615	0.367147	0.438483	0.437922	0.380984	0.386403	0.383501	0.450894	0.498389	0.377473	
...												
0.108391	0.001484	0.270549	0.212215	0.454326	0.288644	0.302508	0.204634	0.455747	0.336094	0.302508	0.108391	
0.46641	0.499178	0.427594	0.441008	0.389849	0.423546	0.420481	0.442793	0.389607	0.432155	0.420481	0.46641	

Διπλωματική εργασία

Ζουμή Ειρήνη

	0.473415	0.499995	0.432665	0.447346	0.386235	0.428107	0.424613	0.449253	0.385874	0.415388	0.424613	0.473415
	0.473677	0.499988	0.432863	0.447591	0.38609	0.428286	0.424775	0.449502	0.385724	0.414683	0.424775	0.473677
	0.478107	0.499356	0.436328	0.451839	0.383501	0.431417	0.427622	0.453819	0.383049	0.40168	0.427622	0.478107
	...											
	0.465417	0.264637	0.29278	0.219312	0.465417	0.266662	0.036089	0.483537	0.152496	0.443604	0.016364	0.305736
	0.38801	0.428928	0.422628	0.439347	0.38801	0.42847	0.496335	0.385391	0.455345	0.391728	0.499147	0.419773
	0.383415	0.434154	0.427065	0.445562	0.383415	0.433644	0.491082	0.378793	0.462352	0.388956	0.496115	0.423799
	0.38323	0.434358	0.427239	0.445802	0.38323	0.433846	0.490825	0.378527	0.462618	0.388845	0.495949	0.423957
	0.379928	0.437922	0.430288	0.449978	0.379928	0.437377	0.485668	0.373752	0.467188	0.386866	0.492425	0.426735
	...											
	0.480699	0.108391	0.44813	0.493174	0.004119	0.305736	0.276002	0.240844	0.121896	0.183303	0.310683	0.049763
	0.393537	0.46641	0.390925	0.384451	0.497046	0.419773	0.426368	0.434355	0.462971	0.447868	0.41869	0.482117
	0.379209	0.473415	0.387808	0.376317	0.499392	0.423799	0.431292	0.440144	0.47003	0.454614	0.422552	0.488082
	0.37862	0.473677	0.387683	0.375988	0.499449	0.423957	0.431484	0.440369	0.470295	0.454873	0.422704	0.488294
	0.367934	0.478107	0.385455	0.370071	0.499994	0.426735	0.434853	0.444287	0.474809	0.459342	0.425371	0.491745
	...											
	0.287198	0.266662	0.300237	0.307776	0.002429	0.308765	0.317578	0.484056	0.448972	0.44955	0.499713	0.238051
	0.423867	0.42847	0.420981	0.419326	0.499776	0.419109	0.436625	0.392428	0.390777	0.390676	0.384818	0.434999
	0.428471	0.433644	0.425185	0.423285	0.499724	0.423036	0.42004	0.378378	0.387594	0.387447	0.374597	0.440847
	0.428652	0.433846	0.42535	0.42344	0.499681	0.42319	0.41934	0.377801	0.387466	0.387318	0.374181	0.441074
	0.431812	0.437377	0.428246	0.426173	0.498389	0.4259	0.406417	0.367338	0.38519	0.385009	0.366691	0.44503
	...											
	0.276002	0.204634	0.296636	0.450441								
	0.426368	0.442793	0.421775	0.39052								
	0.431292	0.449253	0.426093	0.387221								
	0.431484	0.449502	0.426262	0.387089								
	0.434853	0.453819	0.429233	0.384729								

Πίνακας 19. Πίνακας αποτελεσμάτων για τις μετρήσεις εσωτερικής θερμοκρασίας.

The initial C values												
C0: 37												

Διπλωματική εργασία

Ζουμή Ειρήνη

C1: 33.5												
C2: 23												
C3: 15												
C4: 8												
	LOOP_1											
The updated C values	This is the E step											
C0: 27.151	0.493345	0.452016	0.47224	0.474281	0.498602	0.49916	0.433931	0.465484	0.476221	0.487156	0.487156	0.489513
C1: 25.6703	0.499959	0.483672	0.493462	0.494326	0.499009	0.498506	0.473646	0.490413	0.495118	0.498844	0.498844	0.4994
C2: 22.7203	0.452049	0.478674	0.468878	0.467668	0.443296	0.441654	0.485176	0.472543	0.466467	0.458387	0.458387	0.456208
C3: 20.6539	0.347334	0.37422	0.361296	0.359975	0.343528	0.343073	0.385615	0.365641	0.358717	0.351528	0.351528	0.349948
C4: 18.0389	0.207314	0.211418	0.204124	0.203749	0.215565	0.217606	0.221633	0.205919	0.203478	0.204084	0.204084	0.204931
	...											
	0.492926	0.488374	0.474281	0.488374	0.497443	0.498602	0.499477	0.49826	0.488953	0.265174	0.242291	0.242515
	0.499926	0.499147	0.494326	0.499147	0.499591	0.499009	0.498078	0.499227	0.49928	0.317095	0.317455	0.318557
	0.452553	0.457289	0.467668	0.457289	0.445888	0.443296	0.440467	0.444142	0.456746	0.433987	0.465381	0.467037
	0.347623	0.350714	0.359975	0.350714	0.344415	0.343528	0.342796	0.343795	0.350325	0.483912	0.499995	0.499978
	0.206972	0.204476	0.203749	0.204476	0.212664	0.215565	0.219182	0.214575	0.204696	0.499831	0.474879	0.471913
	...											

Διπλωματική εργασία

Ζουμή Ειρήνη

	0.242291	0.244886	0.497738	0.242758	0.242515	0.498905	0.242727	0.24299	0.242758	0.242758	0.248966	0.243485
	0.317455	0.323863	0.48938	0.319369	0.318557	0.491723	0.314497	0.314123	0.319369	0.319369	0.329871	0.321192
	0.465381	0.473273	0.42736	0.468153	0.467037	0.429949	0.459543	0.458526	0.468153	0.468153	0.478459	0.470413
	0.499995	0.498994	0.342906	0.499912	0.499978	0.342386	0.499312	0.49908	0.499912	0.499912	0.496901	0.499635
	0.474879	0.458984	0.242617	0.469808	0.471913	0.237037	0.48392	0.48528	0.469808	0.469808	0.445803	0.465276
	...											
	0.24299	0.49249	0.344532	0.412608	0.388671	0.372557	0.430283	0.406301	0.442574	0.384116	0.426529	0.437471
	0.314123	0.499883	0.414256	0.460792	0.445316	0.434347	0.471517	0.456814	0.478554	0.442259	0.469295	0.47568
	0.458526	0.453063	0.499866	0.491009	0.495698	0.497878	0.4863	0.492421	0.482276	0.496391	0.487399	0.48403
	0.49908	0.347923	0.440691	0.398919	0.41372	0.423614	0.3879	0.402831	0.380184	0.416522	0.390247	0.383394
	0.48528	0.206642	0.300656	0.236673	0.256596	0.271604	0.224	0.241632	0.216413	0.260712	0.226529	0.219426
	...											
	0.406301	0.435715	0.450514	0.476221	0.470095	0.280478	0.249511	0.246889	0.248405	0.248405	0.258979	0.244886
	0.456814	0.474674	0.482877	0.495118	0.492524	0.362417	0.312636	0.327002	0.329123	0.329123	0.341549	0.323863
	0.492421	0.484605	0.479281	0.466467	0.470095	0.493902	0.447121	0.476155	0.477884	0.477884	0.485739	0.473273
	0.402831	0.384496	0.375171	0.358717	0.362679	0.478969	0.49432	0.49799	0.497198	0.497198	0.491373	0.498994
	0.241632	0.220509	0.212158	0.203478	0.204608	0.384234	0.496412	0.451963	0.447389	0.447389	0.422359	0.458984
	...											
	0.250216	0.278013	0.257613	0.242252	0.250216	0.242303	0.363204	0.263151	0.250172	0.247367	0.242348	0.258979

Διπλωματική εργασία

Ζουμή Ειρήνη

	0.312716	0.322732	0.314423	0.317117	0.312716	0.315643	0.427787	0.345894	0.33143	0.327689	0.317807	0.341549
	0.446315	0.426741	0.439403	0.464834	0.446315	0.462147	0.498798	0.487847	0.479606	0.476732	0.46593	0.485739
	0.493836	0.475634	0.48887	0.499979	0.493836	0.499755	0.429331	0.489004	0.496254	0.497743	0.5	0.491373
	0.496916	0.496881	0.499691	0.475817	0.496916	0.480151	0.28088	0.414105	0.442538	0.450469	0.473915	0.422359
	...											
	0.263151	0.267865	0.293964	0.346849	0.410527	0.416704	0.404158	0.372557	0.339926	0.247873	0.333101	0.280478
	0.345894	0.350593	0.374245	0.415966	0.459487	0.463335	0.455446	0.434347	0.410826	0.328396	0.405675	0.362417
	0.487847	0.489856	0.496781	0.49979	0.49149	0.490019	0.492871	0.497878	0.499966	0.477309	0.499992	0.493902
	0.489004	0.4863	0.471026	0.439286	0.400211	0.396373	0.404158	0.423614	0.443482	0.497479	0.447607	0.478969
	0.414105	0.405387	0.363984	0.298109	0.238285	0.23357	0.243366	0.271604	0.3058	0.448944	0.313625	0.384234
	...											
	0.282049	0.254505	0.253706	0.242627	0.256198	0.242758	0.2904	0.309389	0.246889	0.246605	0.24603	0.246313
	0.363832	0.33662	0.335701	0.318955	0.338525	0.319369	0.371184	0.387064	0.327002	0.312589	0.312656	0.312619
	0.494303	0.482999	0.48244	0.467594	0.484107	0.468153	0.496134	0.498812	0.476155	0.450943	0.451835	0.451387
	0.478048	0.49388	0.494322	0.499951	0.492936	0.499912	0.473133	0.461851	0.49799	0.496351	0.496763	0.496559
	0.381768	0.431996	0.433831	0.470873	0.428233	0.469808	0.369148	0.342884	0.451963	0.493513	0.492716	0.493122
	...											
	0.24308	0.499035	0.499564	0.488953								
	0.320247	0.49864	0.497926	0.49928								

Διπλωματική εργασία

Ζουμή Ειρήνη

	0.469279	0.442058	0.44008	0.456746								
	0.499798	0.343177	0.342716	0.350325								
	0.467596	0.217089	0.219714	0.204696								
	LOOP_2											
The updated C values	This is the E step											
C0: 25.9229	0.46901	0.495226	0.485688	0.484462	0.46076	0.459233	0.499626	0.489383	0.483245	0.475162	0.475162	0.473027
C1: 24.7162	0.451982	0.480486	0.468412	0.467072	0.44478	0.443491	0.489711	0.472664	0.465771	0.457678	0.457678	0.455664
C2: 22.6904	0.406987	0.421404	0.41387	0.413187	0.404825	0.404484	0.42979	0.416218	0.412547	0.409036	0.409036	0.408275
C3: 21.3235	0.366691	0.356455	0.359709	0.360186	0.370401	0.3711	0.355963	0.358331	0.360667	0.364015	0.364015	0.364934
C4: 19.3754	0.305329	0.246428	0.272321	0.275093	0.319235	0.321691	0.224911	0.263404	0.27777	0.294109	0.294109	0.2981
	...											
	0.469494	0.474084	0.484462	0.474084	0.46318	0.46076	0.458132	0.461549	0.473553	0.34434	0.297292	0.294088
	0.452419	0.456656	0.467072	0.456656	0.446849	0.44478	0.44257	0.44545	0.456156	0.366588	0.34333	0.341951
	0.407133	0.408644	0.413187	0.408644	0.4054	0.404825	0.404249	0.405007	0.408457	0.405801	0.417401	0.418465
	0.366478	0.364477	0.360186	0.364477	0.369301	0.370401	0.371606	0.370041	0.364706	0.429214	0.455284	0.457116
	0.304476	0.296138	0.275093	0.296138	0.31527	0.319235	0.323443	0.317952	0.297127	0.454057	0.486692	0.48838
	...											
	0.297292	0.280939	0.44589	0.291864	0.294088	0.448347	0.307785	0.309499	0.291864	0.291864	0.268505	0.287196

Διπλωματική εργασία

Ζουμή Ειρήνη

	0.34333	0.336645	0.432701	0.341012	0.341951	0.43463	0.348056	0.348856	0.341012	0.341012	0.332272	0.339094
	0.417401	0.423311	0.40214	0.419229	0.418465	0.402495	0.414194	0.413707	0.419229	0.419229	0.428758	0.420903
	0.455284	0.464731	0.377336	0.458393	0.457116	0.376172	0.449343	0.44838	0.458393	0.458393	0.47211	0.461086
	0.486692	0.494374	0.341933	0.489503	0.48838	0.338356	0.480623	0.479558	0.489503	0.489503	0.498355	0.491721
	...											
	0.309499	0.469983	0.374305	0.497601	0.479734	0.453389	0.499928	0.494856	0.498075	0.473651	0.499991	0.499125
	0.348856	0.452862	0.453954	0.497735	0.499189	0.491795	0.491354	0.49914	0.485504	0.497963	0.492946	0.488038
	0.413707	0.407283	0.495872	0.442412	0.460634	0.474691	0.431721	0.446799	0.425551	0.464526	0.433802	0.427998
	0.44838	0.366263	0.432632	0.359575	0.372314	0.388465	0.356207	0.361858	0.355872	0.376176	0.356603	0.355847
	0.479558	0.303609	0.243237	0.202677	0.188129	0.19166	0.220791	0.197348	0.234998	0.187684	0.216659	0.228992
	...											
	0.494856	0.499398	0.495752	0.483245	0.48692	0.229982	0.326949	0.27421	0.269956	0.269956	0.248718	0.280939
	0.49914	0.488877	0.481311	0.465771	0.46979	0.332767	0.357404	0.334188	0.332743	0.332743	0.327375	0.336645
	0.446799	0.428877	0.422033	0.412547	0.414601	0.464502	0.4093	0.426137	0.42807	0.42807	0.440198	0.423311
	0.361858	0.35589	0.356319	0.360667	0.359239	0.498848	0.438689	0.468699	0.471238	0.471238	0.484422	0.464731
	0.197348	0.226958	0.244584	0.27777	0.26945	0.4739	0.467659	0.496765	0.497992	0.497992	0.499286	0.494374
	...											
	0.328081	0.353354	0.337404	0.298326	0.328081	0.303248	0.431531	0.242765	0.265556	0.27281	0.296241	0.248718
	0.357982	0.371589	0.36285	0.343782	0.357982	0.345975	0.483003	0.326806	0.331351	0.333702	0.342875	0.327375

Διπλωματική εργασία

Ζουμή Ειρήνη

	0.409046	0.404311	0.407096	0.417067	0.409046	0.41553	0.482784	0.444854	0.430207	0.42676	0.417745	0.440198
	0.438067	0.42437	0.432972	0.454695	0.438067	0.451901	0.401132	0.488376	0.473893	0.469533	0.455884	0.484422
	0.466823	0.446377	0.459678	0.486131	0.466823	0.483345	0.201549	0.497199	0.498993	0.497195	0.487255	0.499286
	...											
	0.242765	0.237354	0.235398	0.382187	0.496826	0.498784	0.49364	0.453389	0.358248	0.271392	0.334068	0.229982
	0.326806	0.327081	0.347457	0.45837	0.498262	0.496539	0.499478	0.491795	0.444587	0.33322	0.42953	0.332767
	0.444854	0.450152	0.479303	0.494627	0.443825	0.439727	0.44836	0.474691	0.49791	0.427404	0.499703	0.464502
	0.488376	0.492189	0.499162	0.428408	0.360256	0.358427	0.362791	0.388465	0.441135	0.470379	0.453677	0.498848
	0.497199	0.493224	0.43868	0.236409	0.200832	0.206522	0.195731	0.19166	0.25812	0.497605	0.283022	0.4739
	...											
	0.229854	0.256427	0.257969	0.292985	0.253334	0.291864	0.232481	0.261066	0.27421	0.321419	0.320086	0.320758
	0.334007	0.328873	0.329246	0.341483	0.328192	0.341012	0.34268	0.375003	0.334188	0.354619	0.353958	0.35429
	0.466285	0.435192	0.434289	0.418841	0.437093	0.419229	0.475543	0.492933	0.426137	0.410594	0.41092	0.410755
	0.499279	0.479513	0.478551	0.457749	0.481461	0.458393	0.499859	0.48904	0.468699	0.441739	0.442477	0.442105
	0.470575	0.499996	0.499945	0.488942	0.49992	0.489503	0.449438	0.381959	0.496765	0.471629	0.472559	0.472092
	...											
	0.289567	0.459609	0.457773	0.473553								
	0.340059	0.443807	0.44227	0.456156								
	0.42004	0.404566	0.404174	0.408457								

Διπλωματική εργασία

Ζουμή Ειρήνη

	0.459716	0.370928	0.371771	0.364706								
	0.490618	0.32109	0.324011	0.297127								
	LOOP_3											
The updated C values	This is the E step											
C0: 25.3094	0.453347	0.481643	0.469584	0.468255	0.446226	0.44495	0.490957	0.473812	0.466965	0.458967	0.458967	0.45698
C1: 24.2584	0.436592	0.461366	0.450001	0.448838	0.431156	0.430204	0.471826	0.453805	0.447722	0.441055	0.441055	0.439458
C2: 22.6949	0.402695	0.410552	0.406237	0.405868	0.401674	0.401518	0.4159	0.407533	0.405525	0.403707	0.403707	0.403326
C3: 21.6585	0.375737	0.364385	0.368995	0.369528	0.378819	0.379378	0.361302	0.367327	0.370049	0.373352	0.373352	0.37419
C4: 20.0511	0.331629	0.282053	0.305184	0.307512	0.342125	0.34395	0.260015	0.297523	0.309739	0.322919	0.322919	0.326046
	...											
	0.453777	0.457958	0.468255	0.457958	0.448274	0.446226	0.444036	0.446891	0.457465	0.359222	0.321236	0.318401
	0.436929	0.440242	0.448838	0.440242	0.432697	0.431156	0.429527	0.431654	0.439846	0.376783	0.358231	0.356972
	0.402766	0.40351	0.405868	0.40351	0.40194	0.401674	0.401411	0.401758	0.403417	0.403636	0.410708	0.411385
	0.375552	0.373777	0.369528	0.373777	0.377926	0.378819	0.379779	0.378529	0.373985	0.419893	0.439294	0.440777
	0.330975	0.324513	0.307512	0.324513	0.339162	0.342125	0.345247	0.341169	0.325287	0.440467	0.470531	0.472464
	...											
	0.321236	0.306248	0.434189	0.316406	0.318401	0.436124	0.330239	0.331674	0.316406	0.316406	0.293756	0.312144
	0.358231	0.351791	0.422423	0.356097	0.356972	0.423793	0.362351	0.363024	0.356097	0.356097	0.346869	0.354259

Διπλωματική εργασία

Ζουμή Ειρήνη

	0.410708	0.414553	0.400495	0.411876	0.411385	0.400643	0.4087	0.4084	0.411876	0.411876	0.41829	0.412962
	0.439294	0.447198	0.384159	0.441824	0.440777	0.383291	0.434617	0.433877	0.441824	0.441824	0.453912	0.44407
	0.470531	0.48021	0.358733	0.473797	0.472464	0.356149	0.464093	0.463026	0.473797	0.473797	0.487172	0.476565
	...											
	0.331674	0.454215	0.390675	0.498762	0.496681	0.479858	0.492611	0.499808	0.486704	0.493691	0.494205	0.489266
	0.363024	0.437271	0.470243	0.484582	0.497085	0.499844	0.473991	0.488268	0.46677	0.498628	0.476234	0.469742
	0.4084	0.402839	0.491352	0.425163	0.441748	0.45803	0.417218	0.428773	0.413122	0.445903	0.418677	0.414707
	0.433877	0.375366	0.425937	0.359847	0.364737	0.376437	0.360841	0.360212	0.362631	0.367115	0.360442	0.361809
	0.463026	0.33031	0.221793	0.231646	0.199748	0.18583	0.255338	0.222939	0.270773	0.194663	0.250442	0.264476
	...											
	0.499808	0.490115	0.482473	0.466965	0.470953	0.232826	0.345804	0.299633	0.295277	0.295277	0.270495	0.306248
	0.488268	0.470774	0.462219	0.447722	0.451215	0.333613	0.369886	0.349131	0.347445	0.347445	0.339045	0.351791
	0.428773	0.415289	0.410933	0.405525	0.406635	0.449404	0.405722	0.416467	0.417807	0.417807	0.426858	0.414553
	0.360212	0.361551	0.364088	0.370049	0.36845	0.489703	0.426649	0.450738	0.453088	0.453088	0.466794	0.447198
	0.222939	0.262272	0.280287	0.309739	0.302747	0.494453	0.451939	0.484032	0.486383	0.486383	0.496808	0.48021
	...											
	0.346695	0.365989	0.353935	0.322141	0.346695	0.326396	0.459958	0.262002	0.290606	0.298215	0.320311	0.270495
	0.370333	0.380399	0.374022	0.358637	0.370333	0.36057	0.496405	0.33676	0.345699	0.348576	0.357818	0.339045
	0.40557	0.402749	0.404406	0.410496	0.40557	0.40953	0.469259	0.43067	0.419318	0.416896	0.410926	0.426858

Διπλωματική εργασία

Ζουμή Ειρήνη

	0.426197	0.416524	0.422542	0.438821	0.426197	0.436607	0.388379	0.471659	0.455625	0.451502	0.439777	0.466794
	0.451205	0.43434	0.445095	0.469904	0.451205	0.466896	0.186	0.498909	0.488751	0.484812	0.471167	0.496808
	...											
	0.262002	0.253008	0.222376	0.401354	0.499196	0.497692	0.499962	0.479858	0.368178	0.296763	0.333182	0.232826
	0.33676	0.334809	0.341793	0.475143	0.485812	0.482137	0.489484	0.499844	0.459124	0.348014	0.439779	0.333613
	0.43067	0.435271	0.467265	0.488986	0.426302	0.423059	0.430111	0.45803	0.495383	0.417342	0.499198	0.449404
	0.471659	0.476944	0.498801	0.420394	0.359914	0.35985	0.360456	0.376437	0.43739	0.452284	0.454626	0.489703
	0.498909	0.499968	0.469766	0.214123	0.228776	0.237262	0.219986	0.18583	0.239924	0.485596	0.273214	0.494453
	...											
	0.230859	0.280237	0.282064	0.317415	0.276461	0.316406	0.223504	0.237692	0.299633	0.341411	0.340341	0.34088
	0.333977	0.342078	0.342689	0.356538	0.340856	0.356097	0.338416	0.368763	0.349131	0.367708	0.367184	0.367448
	0.451358	0.422978	0.4223	0.411627	0.424426	0.411876	0.462348	0.487765	0.416467	0.406501	0.406698	0.406598
	0.491083	0.46133	0.460317	0.441295	0.463434	0.441824	0.497113	0.496496	0.450738	0.428883	0.429429	0.429154
	0.492723	0.493377	0.492629	0.473126	0.494822	0.473797	0.478619	0.409284	0.484032	0.455497	0.456348	0.45592
	...											
	0.314323	0.445263	0.443739	0.457465								
	0.355193	0.430437	0.429307	0.439846								
	0.4124	0.401555	0.401377	0.403417								
	0.442921	0.379241	0.37991	0.373985								

	0.475164	0.343504	0.345667	0.325287								
--	----------	----------	----------	----------	--	--	--	--	--	--	--	--

Πίνακας 20. Πίνακας αποτελεσμάτων για τις μετρήσεις εσωτερικής υγρασίας.

The initial C values												
C0: 37												
C1: 33.5												
C2: 23												
C3: 15												
C4: 8												
	LOOP_1											
The updated C values												
	This is the E step											
C0: 46.2173	0.483403	0.498905	0.466668	0.48915	0.497738	0.470095	0.498905	0.381822	0.457742	0.498905	0.463912	0.465266
C1: 45.2971	0.471161	0.491723	0.454631	0.477579	0.48938	0.492524	0.491723	0.440706	0.486629	0.491723	0.452093	0.453335
C2: 43.955	0.414272	0.429949	0.407411	0.417945	0.42736	0.470095	0.429949	0.496717	0.47623	0.429949	0.406607	0.406993
C3: 44.9081	0.350628	0.342386	0.360247	0.347419	0.342906	0.362679	0.342386	0.417932	0.370584	0.342386	0.361855	0.361064
C4: 48.6039	0.280536	0.237037	0.311043	0.267907	0.242617	0.204608	0.237037	0.262823	0.208815	0.237037	0.315534	0.313341
	...											
	0.466668	0.468119	0.465266	0.465266	0.46134	0.483403	0.48915	0.498437	0.404158	0.442574	0.499702	0.487229
	0.454631	0.455984	0.453335	0.453335	0.449757	0.471161	0.477579	0.499121	0.455446	0.478554	0.493956	0.475365
	0.407411	0.407863	0.406993	0.406993	0.405917	0.414272	0.417945	0.443717	0.492871	0.482276	0.432846	0.416594
	0.360247	0.359403	0.361064	0.361064	0.363359	0.350628	0.347419	0.343658	0.404158	0.380184	0.342113	0.348482
	0.311043	0.308632	0.313341	0.313341	0.319627	0.280536	0.267907	0.215067	0.243366	0.216413	0.231383	0.27233
	...											
	0.499643	0.487229	0.483403	0.465266	0.444539	0.442574	0.485308	0.471171	0.499702	0.381822	0.293964	0.335363
	0.49777	0.475365	0.471161	0.453335	0.435143	0.478554	0.473224	0.458869	0.493956	0.440706	0.374245	0.407392
	0.439697	0.416594	0.414272	0.406993	0.402545	0.482276	0.415375	0.408885	0.432846	0.496717	0.496781	0.5
	0.34264	0.348482	0.350628	0.361064	0.37327	0.380184	0.349556	0.357632	0.342113	0.417932	0.471026	0.446241

Διπλωματική εργασία

Ζουμή Ειρήνη

	0.22025	0.27233	0.280536	0.313341	0.344504	0.216413	0.276537	0.303444	0.231383	0.262823	0.363984	0.311004
	...											
	0.454607	0.451718	0.454607	0.499702	0.457742	0.264278	0.479684	0.277436	0.470095	0.497738	0.455636	0.5
	0.443778	0.441266	0.443778	0.493956	0.486629	0.347035	0.467272	0.359646	0.492524	0.48938	0.44468	0.496005
	0.404348	0.403769	0.404348	0.432846	0.47623	0.488359	0.412364	0.493069	0.470095	0.42736	0.404567	0.436083
	0.367315	0.36902	0.367315	0.342113	0.370584	0.488359	0.352738	0.480747	0.362679	0.342906	0.366709	0.342165
	0.329952	0.334228	0.329952	0.231383	0.208815	0.411968	0.287943	0.389103	0.204608	0.242617	0.328408	0.225746
	...											
	0.496298	0.479804	0.496145	0.485308	0.381822	0.499702	0.483403	0.454607	0.498905	0.487229	0.481525	0.498905
	0.486987	0.496494	0.499893	0.473224	0.440706	0.493956	0.471161	0.443778	0.491723	0.475365	0.469177	0.491723
	0.425043	0.464095	0.448169	0.415375	0.496717	0.432846	0.414272	0.404348	0.429949	0.416594	0.413272	0.429949
	0.343609	0.356381	0.345363	0.349556	0.417932	0.342113	0.350628	0.367315	0.342386	0.348482	0.35169	0.342386
	0.248062	0.203226	0.21043	0.276537	0.262823	0.231383	0.280536	0.329952	0.237037	0.27233	0.284335	0.237037
	...											
	0.457742	0.381822	0.499643	0.48915	0.483403	0.477884	0.5	0.498437	0.496298	0.465266	0.451718	0.44072
	0.486629	0.440706	0.49777	0.477579	0.471161	0.465444	0.496005	0.499121	0.486987	0.453335	0.441266	0.431949
	0.47623	0.496717	0.439697	0.417945	0.414272	0.411537	0.436083	0.443717	0.425043	0.406993	0.403769	0.402006
	0.370584	0.417932	0.34264	0.347419	0.350628	0.353766	0.342165	0.343658	0.343609	0.361064	0.36902	0.375539
	0.208815	0.262823	0.22025	0.267907	0.280536	0.291368	0.225746	0.215067	0.248062	0.313341	0.334228	0.349787
	...											
	0.477884	0.472773	0.463912	0.445967	0.46134	0.498437	0.474427	0.48915	0.455636	0.48915	0.498905	0.45894
	0.465444	0.460408	0.452093	0.436348	0.449757	0.499121	0.462015	0.477579	0.44468	0.477579	0.491723	0.447605
	0.411537	0.409463	0.406607	0.402766	0.405917	0.443717	0.410094	0.417945	0.404567	0.417945	0.429949	0.40532
	0.353766	0.356705	0.361855	0.372422	0.363359	0.343658	0.355751	0.347419	0.366709	0.347419	0.342386	0.364767
	0.291368	0.30065	0.315534	0.342497	0.319627	0.215067	0.297712	0.267907	0.328408	0.267907	0.237037	0.323369
	...											
	0.466668	0.48915	0.498905	0.487156	0.442574	0.485308	0.477884	0.4929	0.498905	0.424614	0.462603	0.496145
	0.454631	0.477579	0.491723	0.498844	0.478554	0.473224	0.465444	0.482201	0.491723	0.468149	0.450901	0.499893
	0.407411	0.417945	0.429949	0.458387	0.482276	0.415375	0.411537	0.421112	0.429949	0.487938	0.406249	0.448169
	0.360247	0.347419	0.342386	0.351528	0.380184	0.349556	0.353766	0.34538	0.342386	0.391444	0.36262	0.345363
	0.311043	0.267907	0.237037	0.204084	0.216413	0.276537	0.291368	0.258406	0.237037	0.227855	0.317627	0.21043
	...											
	0.477884	0.494666	0.463912	0.445967								
	0.465444	0.484583	0.452093	0.436348								
	0.411537	0.42297	0.406607	0.402766								
	0.353766	0.344447	0.361855	0.372422								

Διπλωματική εργασία

Ζουμή Ειρήνη

	0.291368	0.253334	0.315534	0.342497								
	...											
	LOOP_2											
The updated C values	This is the E step											
C0: 46.0536	0.456786	0.393012	0.408319	0.452685	0.392906	0.395643	0.393012	0.396508	0.395846	0.393012	0.406992	0.4076
C1: 45.304	0.400657	0.418555	0.393439	0.497182	0.422263	0.40715	0.418555	0.40529	0.406682	0.418555	0.394158	0.393817
C2: 44.1378	0.27751	0.449573	0.369732	0.465128	0.456665	0.422728	0.449573	0.417401	0.421419	0.449573	0.373953	0.371998
C3: 44.9811	0.370007	0.428306	0.386813	0.49973	0.43326	0.411812	0.428306	0.408886	0.411084	0.428306	0.388483	0.387703
C4: 48.2931	0.495041	0.310554	0.441698	0.085275	0.294906	0.362667	0.310554	0.371915	0.364969	0.310554	0.436414	0.438882
	...											
	0.408319	0.409182	0.4076	0.4076	0.406023	0.456786	0.452685	0.394313	0.396362	0.396032	0.393292	0.49814
	0.393439	0.393019	0.393817	0.393817	0.394745	0.400657	0.497182	0.410942	0.405582	0.406271	0.415854	0.48054
	0.369732	0.367075	0.371998	0.371998	0.37715	0.27751	0.465128	0.432645	0.418258	0.420252	0.44396	0.335298
	0.386813	0.385789	0.387703	0.387703	0.389785	0.370007	0.49973	0.417544	0.40935	0.410439	0.424586	0.453046
	0.441698	0.444936	0.438882	0.438882	0.432296	0.495041	0.085275	0.344556	0.370449	0.367006	0.322307	0.232975
	...											
	0.393979	0.49814	0.456786	0.4076	0.402655	0.396032	0.484478	0.411548	0.393292	0.396508	0.396994	0.396768
	0.412217	0.48054	0.400657	0.393817	0.397279	0.406271	0.426521	0.392041	0.415854	0.40529	0.404374	0.404789
	0.435732	0.335298	0.27751	0.371998	0.38918	0.420252	0.265064	0.36011	0.44396	0.417401	0.414647	0.415906
	0.419409	0.453046	0.370007	0.387703	0.394963	0.410439	0.38912	0.383212	0.424586	0.408886	0.407412	0.408082
	0.338664	0.232975	0.495041	0.438882	0.415923	0.367006	0.434817	0.453089	0.322307	0.371915	0.376573	0.374454
	...											
	0.404242	0.403692	0.404242	0.393292	0.395846	0.39719	0.429056	0.397095	0.395643	0.392906	0.404463	0.393632
	0.39598	0.396407	0.39598	0.415854	0.406682	0.404025	0.390339	0.404193	0.40715	0.422263	0.395815	0.413811
	0.383318	0.385306	0.383318	0.44396	0.421419	0.413571	0.31882	0.414089	0.422728	0.456665	0.382531	0.439439
	0.392385	0.393248	0.392385	0.424586	0.411084	0.406843	0.371449	0.407116	0.411812	0.43326	0.392047	0.421703
	0.424076	0.421348	0.424076	0.322307	0.364969	0.37837	0.490337	0.377507	0.362667	0.294906	0.425145	0.331416
	...											
	0.393262	0.395421	0.394626	0.484478	0.396508	0.393292	0.456786	0.404242	0.393012	0.49814	0.439323	0.393012
	0.427595	0.407687	0.409902	0.426521	0.40529	0.415854	0.400657	0.39598	0.418555	0.48054	0.392555	0.418555
	0.46576	0.424205	0.430038	0.265064	0.417401	0.44396	0.27751	0.383318	0.449573	0.335298	0.300555	0.449573
	0.44011	0.412642	0.416	0.38912	0.408886	0.424586	0.370007	0.392385	0.428306	0.453046	0.368796	0.428306

Διπλωματική εργασία

Ζουμή Ειρήνη

	0.273273	0.360045	0.349435	0.434817	0.371915	0.322307	0.495041	0.424076	0.310554	0.232975	0.498771	0.310554
	...											
	0.395846	0.396508	0.393979	0.452685	0.456786	0.422661	0.393632	0.394313	0.393262	0.4076	0.403692	0.402235
	0.406682	0.40529	0.412217	0.497182	0.400657	0.390036	0.413811	0.410942	0.427595	0.393817	0.396407	0.397659
	0.421419	0.417401	0.435732	0.465128	0.27751	0.33219	0.439439	0.432645	0.46576	0.371998	0.385306	0.390799
	0.411084	0.408886	0.419409	0.49973	0.370007	0.374524	0.421703	0.417544	0.44011	0.387703	0.393248	0.395694
	0.364969	0.371915	0.338664	0.085275	0.495041	0.480589	0.331416	0.344556	0.273273	0.438882	0.421348	0.413613
	...											
	0.422661	0.413222	0.406992	0.402832	0.406023	0.394313	0.415419	0.452685	0.404463	0.452685	0.393012	0.405286
	0.390036	0.391487	0.394158	0.397123	0.394745	0.410942	0.390911	0.497182	0.395815	0.497182	0.418555	0.39523
	0.33219	0.355438	0.373953	0.388506	0.37715	0.432645	0.349585	0.465128	0.382531	0.465128	0.449573	0.379654
	0.374524	0.38157	0.388483	0.394662	0.389785	0.417544	0.379615	0.49973	0.392047	0.49973	0.428306	0.390827
	0.480589	0.458284	0.436414	0.416877	0.432296	0.344556	0.46447	0.085275	0.425145	0.085275	0.310554	0.429003
	...											
	0.408319	0.452685	0.393012	0.395179	0.396032	0.484478	0.422661	0.399669	0.393012	0.396204	0.406473	0.394626
	0.393439	0.497182	0.418555	0.408309	0.406271	0.426521	0.390036	0.448856	0.418555	0.405906	0.394466	0.409902
	0.369732	0.465128	0.449573	0.425884	0.420252	0.265064	0.33219	0.491161	0.449573	0.419204	0.375655	0.430038
	0.386813	0.49973	0.428306	0.413595	0.410439	0.38912	0.374524	0.46471	0.428306	0.409865	0.389173	0.416
	0.441698	0.085275	0.310554	0.357033	0.367006	0.434817	0.480589	0.195604	0.310554	0.368821	0.434234	0.349435
	...											
	0.422661	0.394818	0.406992	0.402832								
	0.390036	0.435713	0.394158	0.397123								
	0.33219	0.477398	0.373953	0.388506								
	0.374524	0.449987	0.388483	0.394662								
	0.480589	0.242085	0.436414	0.416877								

Πίνακας 21. Πίνακας αποτελεσμάτων για τις μετρήσεις εξωτερικής θερμοκρασίας.

The initial C values												
C0: 38												
C1: 34.5												
C2: 24												
C3: 14												
C4: 7												

Διπλωματική εργασία

Ζουμή Ειρήνη

	LOOP_1											
The updated C values	This is the E step											
C0: 26.8789	0.291043	0.497156	0.259402	0.263285	0.261494	0.268799	0.265106	0.27177	0.268799	0.251226	0.252595	0.248698
C1: 25.3057	0.327762	0.499822	0.313797	0.314973	0.314395	0.317035	0.315612	0.31828	0.317035	0.313034	0.32566	0.31512
C2: 22.1924	0.416649	0.4545	0.435217	0.431885	0.433352	0.42792	0.430493	0.426048	0.42792	0.445587	0.468327	0.453341
C3: 19.5228	0.471637	0.336976	0.49261	0.490023	0.491215	0.486359	0.488812	0.484389	0.486359	0.498097	0.49748	0.499851
C4: 16.7843	0.492909	0.211546	0.498974	0.499834	0.499543	0.499887	0.499978	0.499514	0.499887	0.492055	0.455937	0.482991
	...											
	0.257068	0.25145	0.250406	0.252216	0.267857	0.255327	0.267857	0.249046	0.252923	0.25101	0.252408	0.249908
	0.313256	0.312985	0.313306	0.325088	0.343712	0.329446	0.343712	0.314395	0.312828	0.313091	0.312855	0.321083
	0.437544	0.445166	0.44731	0.467757	0.481532	0.471779	0.481532	0.451415	0.442722	0.446012	0.443521	0.463264
	0.494169	0.497946	0.498657	0.497722	0.487637	0.495732	0.487637	0.499598	0.49695	0.498244	0.497297	0.49918
	0.497964	0.492454	0.490322	0.457217	0.419261	0.447716	0.419261	0.485545	0.494577	0.491643	0.493919	0.466565
	...											
	0.259582	0.250629	0.262564	0.257068	0.294335	0.25037	0.255862	0.265091	0.316631	0.318504	0.314779	0.299114
	0.334668	0.322469	0.314734	0.313256	0.368752	0.321992	0.330138	0.340799	0.387691	0.389224	0.386167	0.372932
	0.47583	0.464932	0.432463	0.437544	0.492147	0.464374	0.472357	0.479843	0.49688	0.497164	0.496584	0.493398
	0.492992	0.498728	0.490503	0.494169	0.47041	0.498891	0.495388	0.48943	0.45585	0.454626	0.457061	0.467292
	0.436928	0.463242	0.499736	0.497964	0.374356	0.464374	0.446255	0.424837	0.342947	0.340482	0.345409	0.367264
	...											
	0.35482	0.316631	0.257611	0.252663	0.249518	0.274146	0.262571	0.261784	0.26029	0.248698	0.285501	0.248749
	0.417568	0.387691	0.332321	0.312838	0.320233	0.350051	0.338058	0.337183	0.335488	0.31512	0.360808	0.318016
	0.499971	0.49688	0.474094	0.443119	0.462166	0.484819	0.478132	0.477559	0.476407	0.453341	0.489407	0.45894
	0.430852	0.45585	0.494263	0.497125	0.499422	0.483555	0.491061	0.49157	0.492535	0.499851	0.476167	0.499886
	0.296789	0.342947	0.441711	0.494254	0.468662	0.407429	0.430177	0.431905	0.43528	0.482991	0.388117	0.474409
	...											
	0.252595	0.300758	0.302428	0.261784	0.248941	0.267857	0.342292	0.375977	0.258243	0.390581	0.350616	0.292794
	0.32566	0.374354	0.375789	0.337183	0.318701	0.343712	0.408064	0.433027	0.333085	0.443277	0.414408	0.367388
	0.468327	0.493795	0.494182	0.477559	0.460003	0.481532	0.499539	0.499544	0.474673	0.498424	0.499885	0.491712
	0.49748	0.466219	0.465129	0.49157	0.499773	0.487637	0.43906	0.416976	0.493856	0.407388	0.433607	0.471414
	0.455937	0.364874	0.362472	0.431905	0.472581	0.419261	0.311045	0.274475	0.440143	0.260329	0.301484	0.376691
	...											

Διπλωματική εργασία

Ζουμή Ειρήνη

	0.271937	0.304122	0.373866	0.365397	0.365397	0.326184	0.324237	0.49779	0.49962	0.494641	0.466879	0.471059
	0.347862	0.377236	0.431517	0.425387	0.425387	0.395429	0.393868	0.499646	0.498191	0.499984	0.489934	0.491961
	0.48374	0.494559	0.499651	0.499935	0.499935	0.498172	0.497939	0.453236	0.447729	0.458468	0.479073	0.476978
	0.48499	0.464022	0.418361	0.423917	0.423917	0.449604	0.450877	0.336545	0.335278	0.338674	0.357129	0.354363
	0.411472	0.36006	0.276604	0.285363	0.285363	0.330612	0.333079	0.212783	0.219183	0.208233	0.206985	0.205639
	...											
	0.483639	0.495285	0.498161	0.495588	0.496424	0.490107	0.49892	0.498332	0.487428	0.49668	0.49962	0.496157
	0.497293	0.5	0.499499	0.499996	0.49994	0.499274	0.499037	0.499417	0.49855	0.499908	0.498191	0.499966
	0.469162	0.457564	0.452409	0.457116	0.455793	0.463657	0.450402	0.452001	0.466125	0.455359	0.447729	0.456231
	0.346019	0.338241	0.336292	0.338037	0.337472	0.341711	0.335769	0.336175	0.343497	0.337299	0.335278	0.337652
	0.203887	0.208911	0.213639	0.209263	0.21037	0.205251	0.215872	0.214075	0.204399	0.210754	0.219183	0.209993
	...											
	0.48855	0.49798	0.499989	0.499544	0.5	0.443394	0.461132	0.466879	0.462328	0.4162	0.390581	0.388519
	0.498873	0.499576	0.496142	0.498324	0.49649	0.477145	0.487001	0.489934	0.487624	0.460391	0.443277	0.441851
	0.46513	0.452821	0.443182	0.448101	0.443848	0.488109	0.481669	0.479073	0.481153	0.494763	0.498424	0.498624
	0.34275	0.336415	0.33498	0.335332	0.334981	0.372637	0.360929	0.357129	0.360138	0.390547	0.407388	0.408742
	0.204697	0.213208	0.225707	0.218699	0.224681	0.218715	0.20927	0.206985	0.208757	0.238099	0.260329	0.262264
	...											
	0.418057	0.444902	0.48855	0.494299								
	0.461586	0.478022	0.498873	0.499964								
	0.494407	0.487637	0.46513	0.458925								
	0.389326	0.371642	0.34275	0.338904								
	0.236625	0.217796	0.204697	0.207908								
	...											
	LOOP_2											
The updated C values	This is the E step											
C0: 25.3948	0.35655	0.46242	0.328807	0.3339	0.331672	0.339834	0.335996	0.342604	0.339834	0.311966	0.266547	0.297987
C1: 24.0035	0.372851	0.446867	0.357456	0.360163	0.358972	0.363387	0.361293	0.364916	0.363387	0.348923	0.330265	0.342391
C2: 21.9366	0.402211	0.40817	0.406423	0.405478	0.405882	0.404477	0.405112	0.404046	0.404477	0.410152	0.426489	0.414041
C3: 20.3766	0.424324	0.366607	0.440237	0.437292	0.438579	0.433874	0.436083	0.432284	0.433874	0.450057	0.477398	0.458316
C4: 18.513	0.444065	0.315936	0.467078	0.463167	0.464896	0.458427	0.461515	0.456149	0.458427	0.478903	0.499301	0.487264
	...											

Διπλωματική εργασία

Ζουμή Ειρήνη

	0.325173	0.312686	0.308978	0.267845	0.238325	0.258619	0.238325	0.301592	0.316801	0.311235	0.315468	0.277826
	0.355559	0.349274	0.347482	0.330667	0.327363	0.328092	0.327363	0.344022	0.351304	0.348568	0.350642	0.334098
	0.407147	0.409972	0.410918	0.425833	0.449182	0.430905	0.449182	0.412961	0.408981	0.410336	0.409296	0.421277
	0.442344	0.449634	0.451813	0.476591	0.496101	0.482384	0.496101	0.456176	0.447223	0.450486	0.448003	0.47045
	0.469776	0.478434	0.480809	0.499064	0.489029	0.499999	0.489029	0.485249	0.47569	0.479375	0.476591	0.496349
	...											
	0.249413	0.274176	0.333025	0.325173	0.253052	0.275406	0.257287	0.24117	0.318512	0.325251	0.311939	0.263774
	0.326429	0.332779	0.359694	0.355559	0.361297	0.333216	0.327784	0.326501	0.415084	0.419778	0.4104	0.371734
	0.437273	0.422851	0.405635	0.407147	0.484116	0.42231	0.431729	0.445228	0.499374	0.499728	0.498877	0.488962
	0.488344	0.472684	0.437797	0.442344	0.492731	0.47193	0.483233	0.493988	0.458626	0.454948	0.462192	0.487465
	0.498541	0.49751	0.463849	0.469776	0.408803	0.497139	0.499967	0.493113	0.308404	0.300294	0.316592	0.388065
	...											
	0.442089	0.318512	0.253309	0.316139	0.280192	0.234893	0.244496	0.245683	0.248146	0.297987	0.239559	0.286946
	0.48615	0.415084	0.326986	0.350975	0.334987	0.33128	0.326187	0.326184	0.326308	0.342391	0.345063	0.337658
	0.484212	0.499374	0.434367	0.409137	0.420306	0.458103	0.441607	0.440472	0.438306	0.414041	0.473544	0.417728
	0.388235	0.458626	0.485793	0.447611	0.46901	0.499217	0.491654	0.490843	0.489186	0.458316	0.498746	0.464924
	0.199313	0.308404	0.499545	0.476139	0.495505	0.476507	0.496055	0.496817	0.498054	0.487264	0.443087	0.492745
	...											
	0.266547	0.267971	0.272477	0.245683	0.284752	0.238325	0.408138	0.479117	0.251998	0.492368	0.431712	0.250092
	0.330265	0.375538	0.379494	0.326184	0.33677	0.327363	0.469906	0.498764	0.32677	0.499848	0.481521	0.358159
	0.426489	0.490454	0.491869	0.440472	0.418535	0.449182	0.493109	0.467145	0.435304	0.456089	0.487416	0.482408
	0.477398	0.485349	0.483051	0.490843	0.466247	0.496101	0.40822	0.365432	0.486646	0.356596	0.39441	0.494135
	0.499301	0.380688	0.373109	0.496817	0.493695	0.489029	0.220627	0.189541	0.499281	0.195098	0.204942	0.415206
	...											
	0.235619	0.277288	0.476466	0.463622	0.463622	0.353275	0.34617	0.461326	0.456631	0.465909	0.48597	0.483753
	0.329597	0.383591	0.498181	0.494468	0.494468	0.438247	0.433716	0.445923	0.441945	0.449923	0.469531	0.467112
	0.454983	0.493198	0.46883	0.475704	0.475704	0.499685	0.499915	0.40785	0.406582	0.409256	0.418439	0.417061
	0.498389	0.480573	0.367129	0.375168	0.375168	0.43945	0.443409	0.367168	0.369591	0.364827	0.35499	0.356028
	0.481412	0.365349	0.189395	0.191038	0.191038	0.269344	0.276789	0.317733	0.325251	0.310086	0.27107	0.276046
	...											
	0.475848	0.465106	0.460614	0.464711	0.463548	0.47062	0.458896	0.460264	0.472931	0.463168	0.456631	0.463932
	0.4591	0.449213	0.445313	0.448865	0.447847	0.454175	0.443851	0.445013	0.456323	0.447516	0.441945	0.448182
	0.413031	0.408997	0.407647	0.408871	0.408509	0.410905	0.407174	0.407549	0.411802	0.408394	0.406582	0.408627
	0.359848	0.365235	0.367534	0.365436	0.36603	0.362448	0.368419	0.367714	0.361292	0.366224	0.369591	0.365834
	0.292173	0.311449	0.318892	0.312117	0.314066	0.301853	0.32166	0.31946	0.297651	0.314698	0.325251	0.313425
	...											

Διπλωματική εργασία

Ζουμή Ειρήνη

	0.471994	0.460968	0.452815	0.456945	0.453371	0.49562	0.48876	0.48597	0.488202	0.499982	0.492368	0.490981
	0.455447	0.445616	0.43879	0.442208	0.439246	0.481876	0.472728	0.469531	0.472073	0.493683	0.499848	0.499963
	0.411431	0.407748	0.405664	0.406662	0.405792	0.427061	0.420396	0.418439	0.419982	0.439941	0.456089	0.457575
	0.36176	0.367352	0.371575	0.369428	0.371285	0.350833	0.353715	0.35499	0.353967	0.350181	0.356596	0.357566
	0.299369	0.318316	0.331155	0.324757	0.330305	0.24461	0.264402	0.27107	0.265776	0.216213	0.195098	0.193914
	...											
	0.499999	0.495142	0.471994	0.466316								
	0.492996	0.481137	0.455447	0.450284								
	0.438934	0.42645	0.411431	0.40939								
	0.350034	0.351014	0.36176	0.36462								
	0.218037	0.246258	0.299369	0.30939								
	...											
	LOOP_3											
The updated C values	This is the E step											
C0: 24.7228	0.368935	0.446326	0.347877	0.351865	0.350128	0.356434	0.353488	0.35854	0.356434	0.334149	0.289838	0.321936
C1: 23.39	0.382903	0.430014	0.372457	0.374366	0.37353	0.376593	0.375152	0.377634	0.376593	0.366136	0.348627	0.360848
C2: 21.8469	0.402201	0.401789	0.404977	0.404373	0.404631	0.403726	0.404138	0.403444	0.403726	0.407335	0.418195	0.40981
C3: 20.7867	0.415616	0.377327	0.426358	0.424314	0.425204	0.421978	0.423484	0.420903	0.421978	0.433427	0.456638	0.439762
C4: 19.3877	0.430345	0.344544	0.448332	0.445082	0.446507	0.441269	0.443739	0.439479	0.441269	0.458953	0.486701	0.467645
	...											
	0.344989	0.334756	0.331611	0.291357	0.244853	0.279979	0.244853	0.325172	0.338187	0.333532	0.337082	0.302353
	0.371095	0.366407	0.36501	0.349143	0.337435	0.345446	0.337435	0.362217	0.367954	0.365861	0.367453	0.353079
	0.405436	0.407221	0.407819	0.41773	0.436613	0.421414	0.436613	0.409118	0.406596	0.407451	0.406794	0.414575
	0.42784	0.433113	0.43474	0.455832	0.4811	0.4619	0.4811	0.438079	0.431342	0.433746	0.431912	0.450016
	0.450639	0.458502	0.460819	0.485938	0.499999	0.49126	0.499999	0.465413	0.455921	0.45941	0.456758	0.479978
	...											
	0.26675	0.298458	0.351184	0.344989	0.218023	0.299786	0.278206	0.25171	0.299332	0.310059	0.289035	0.226105
	0.341717	0.351647	0.374038	0.371095	0.357922	0.352131	0.344908	0.338451	0.427302	0.433844	0.420733	0.369422
	0.426339	0.41565	0.404474	0.405436	0.478089	0.415278	0.422032	0.433031	0.499978	0.499934	0.499695	0.485433
	0.469034	0.45207	0.424663	0.42784	0.499388	0.45137	0.462851	0.477277	0.461868	0.456562	0.466922	0.496285
	0.49616	0.482174	0.445642	0.450639	0.446578	0.481436	0.492003	0.49953	0.31152	0.299601	0.323615	0.422755
	...											
	0.472191	0.299332	0.272653	0.337639	0.304809	0.231138	0.258354	0.260507	0.264706	0.321936	0.215979	0.311565

Διπλωματική εργασία

Ζουμή Ειρήνη

	0.499547	0.427302	0.343297	0.367706	0.354002	0.336853	0.339742	0.340215	0.341205	0.360848	0.343584	0.356619
	0.462034	0.499978	0.424047	0.406694	0.41392	0.445404	0.429905	0.428953	0.427172	0.40981	0.4634	0.412205
	0.371855	0.461868	0.465839	0.431625	0.448723	0.488943	0.473615	0.472436	0.470145	0.439762	0.498616	0.445176
	0.194372	0.31152	0.494164	0.456337	0.478547	0.497662	0.498384	0.497889	0.496772	0.467645	0.478421	0.474434
	...											
	0.289838	0.230145	0.234917	0.260507	0.30941	0.244853	0.434902	0.497409	0.270724	0.499939	0.46203	0.216534
	0.348627	0.37396	0.378845	0.340215	0.355772	0.337435	0.491275	0.495354	0.342765	0.487561	0.498081	0.354776
	0.418195	0.487744	0.489942	0.428953	0.412738	0.436613	0.478429	0.43996	0.424778	0.429469	0.467386	0.475583
	0.456638	0.494569	0.492478	0.472436	0.446306	0.4811	0.392269	0.356717	0.466881	0.354195	0.377525	0.49982
	0.486701	0.413582	0.403819	0.497889	0.475774	0.499999	0.203126	0.210559	0.494852	0.228837	0.194978	0.453288
	...											
	0.23563	0.240441	0.496319	0.489251	0.489251	0.355145	0.34377	0.445424	0.44162	0.449247	0.468183	0.465814
	0.336763	0.384064	0.496301	0.499212	0.499212	0.458472	0.452664	0.429361	0.426647	0.43215	0.447091	0.445097
	0.44221	0.491997	0.441774	0.449909	0.449909	0.496532	0.497846	0.401678	0.401251	0.402176	0.405908	0.4053
	0.486336	0.489998	0.357476	0.361955	0.361955	0.433872	0.439652	0.37776	0.379587	0.375931	0.367027	0.368124
	0.499061	0.3935	0.20813	0.199674	0.199674	0.255979	0.266067	0.345778	0.350894	0.340496	0.311791	0.315665
	...											
	0.458048	0.448569	0.444841	0.448236	0.447263	0.453318	0.443443	0.444554	0.455378	0.446947	0.44162	0.447583
	0.438833	0.43165	0.428941	0.431406	0.430695	0.435192	0.42794	0.428735	0.436763	0.430464	0.426647	0.430928
	0.403617	0.402082	0.401608	0.402037	0.401908	0.402787	0.401447	0.401574	0.403132	0.401868	0.401251	0.40195
	0.371757	0.376255	0.378039	0.376414	0.376879	0.373994	0.37871	0.378177	0.373017	0.37703	0.379587	0.376726
	0.327745	0.341444	0.346571	0.341907	0.343255	0.334709	0.348459	0.346959	0.331709	0.343691	0.350894	0.342813
	...											
	0.454537	0.44513	0.438599	0.441872	0.439036	0.480558	0.471338	0.468183	0.470689	0.493114	0.499939	0.5
	0.436119	0.42915	0.424532	0.426825	0.424836	0.45839	0.449819	0.447091	0.449251	0.472729	0.487561	0.488742
	0.402988	0.401643	0.400957	0.401277	0.400997	0.410069	0.406798	0.405908	0.406607	0.417519	0.429469	0.430753
	0.373416	0.3779	0.381044	0.379466	0.380833	0.361417	0.365576	0.367027	0.365874	0.356117	0.354195	0.35432
	0.33294	0.346177	0.354869	0.35056	0.354299	0.289566	0.306469	0.311791	0.307579	0.260521	0.228837	0.226186
	...											
	0.492356	0.4798	0.454537	0.449593								
	0.471692	0.457643	0.436119	0.432406								
	0.416878	0.409753	0.402988	0.402224								
	0.356414	0.361754	0.373416	0.375766								
	0.26266	0.29105	0.33294	0.340011								

Πίνακας 22. Πίνακας αποτελεσμάτων για τις μετρήσεις εξωτερικής υγρασίας.

The initial C values												
C0: 38												
C1: 34												
C2: 24												
C3: 14												
C4: 7												
	LOOP_1											
	This is the E step											
The updated C values												
C0: 45.3927	0.458726	0.491877	0.499737	0.462129	0.47001	0.491877	0.499737	0.482906	0.436629	0.488322	0.481189	0.4952
C1: 44.3315	0.446555	0.47994	0.493421	0.44958	0.456815	0.47994	0.493421	0.498101	0.477186	0.475634	0.467832	0.484447
C2: 42.895	0.409256	0.42689	0.440789	0.410364	0.41333	0.42689	0.440789	0.469611	0.489861	0.423731	0.418856	0.430684
C3: 43.7408	0.362142	0.340683	0.335526	0.359944	0.354851	0.340683	0.335526	0.346154	0.375792	0.342993	0.347618	0.338518
C4: 47.1969	0.323322	0.26061	0.230526	0.317983	0.304993	0.26061	0.230526	0.203229	0.220532	0.269319	0.284506	0.251152
	...											
	0.499737	0.419118	0.46588	0.493574	0.481189	0.496685	0.499737	0.474794	0.297051	0.451786	0.474794	0.493574
	0.493421	0.467246	0.45298	0.5	0.467832	0.486738	0.493421	0.49537	0.38132	0.485119	0.49537	0.5
	0.440789	0.493984	0.4117	0.459839	0.418856	0.432864	0.440789	0.474794	0.49368	0.485119	0.474794	0.459839
	0.335526	0.387032	0.357521	0.339357	0.347618	0.337547	0.335526	0.351337	0.46559	0.366071	0.351337	0.339357
	0.230526	0.23262	0.31192	0.207229	0.284506	0.246167	0.230526	0.203704	0.36236	0.211905	0.203704	0.207229
	...											
	0.481189	0.46588	0.45467	0.457663	0.5	0.451786	0.26859	0.482942	0.281377	0.464484	0.49903	0.458726
	0.467832	0.45298	0.443015	0.44562	0.495426	0.485119	0.355769	0.469675	0.367746	0.491121	0.491266	0.446555
	0.418856	0.4117	0.40805	0.408928	0.443968	0.485119	0.483974	0.419924	0.489204	0.480022	0.437894	0.409256
	0.347618	0.357521	0.36476	0.362828	0.335334	0.366071	0.483974	0.346482	0.475709	0.357936	0.336002	0.362142
	0.284506	0.31192	0.329504	0.32496	0.225272	0.211905	0.407692	0.280976	0.385965	0.206437	0.235808	0.323322
	...											
	0.499689	0.497984	0.474794	0.493574	0.490114	0.484722	0.499737	0.451786	0.378592	0.498646	0.491877	0.486519
	0.497201	0.489023	0.49537	0.5	0.477757	0.471591	0.493421	0.485119	0.44181	0.498646	0.47994	0.473578
	0.44745	0.43526	0.474794	0.459839	0.425239	0.421086	0.440789	0.485119	0.499282	0.451253	0.42689	0.422351

Διπλωματική εργασία

Ζουμή Ειρήνη

	0.33551	0.336694	0.351337	0.339357	0.341829	0.345328	0.335526	0.366071	0.413075	0.336154	0.340683	0.344163
	0.220149	0.241039	0.203704	0.207229	0.26506	0.277273	0.230526	0.211905	0.267241	0.215301	0.26061	0.273389
	...											
	0.481189	0.499689	0.496681	0.497984	0.46859	0.45467	0.443187	0.481189	0.476142	0.467213	0.448682	0.464589
	0.467832	0.497201	0.499631	0.489023	0.455484	0.443015	0.433323	0.467832	0.462721	0.454207	0.437905	0.451801
	0.418856	0.44745	0.455383	0.43526	0.412749	0.40805	0.405213	0.418856	0.416123	0.412207	0.406473	0.411226
	0.347618	0.33551	0.337389	0.336694	0.355769	0.36476	0.37217	0.347618	0.350885	0.356659	0.368625	0.358355
	0.284506	0.220149	0.210914	0.241039	0.307407	0.329504	0.346106	0.284506	0.294129	0.309714	0.338315	0.314029
	...											
	0.496681	0.477784	0.491877	0.464589	0.486519	0.491877	0.496681	0.399582	0.436629	0.5	0.490114	0.498646
	0.499631	0.464356	0.47994	0.451801	0.473578	0.47994	0.499631	0.45537	0.477186	0.495426	0.477757	0.498646
	0.455383	0.416963	0.42689	0.411226	0.422351	0.42689	0.455383	0.497211	0.489861	0.443968	0.425239	0.451253
	0.337389	0.349822	0.340683	0.358355	0.344163	0.340683	0.337389	0.399582	0.375792	0.335334	0.341829	0.336154
	0.210914	0.291074	0.26061	0.314029	0.273389	0.26061	0.210914	0.248257	0.220532	0.225272	0.26506	0.215301
	...											
	0.490114	0.486519	0.46859	0.447189	0.436629	0.488322	0.474542	0.5	0.378592	0.297051	0.335526	0.457663
	0.477757	0.473578	0.455484	0.43665	0.477186	0.475634	0.461152	0.495426	0.44181	0.38132	0.41155	0.44562
	0.425239	0.422351	0.412749	0.406113	0.489861	0.423731	0.415345	0.443968	0.499282	0.49368	0.499269	0.408928
	0.341829	0.344163	0.355769	0.369589	0.375792	0.342993	0.35192	0.335334	0.413075	0.46559	0.440789	0.362828
	0.26506	0.273389	0.307407	0.340459	0.220532	0.269319	0.29704	0.225272	0.267241	0.36236	0.312865	0.32496
	...											
	0.486519	0.499737	0.47001	0.491877	0.49903	0.464484	0.499737	0.378592	0.451786	0.499737	0.467213	0.46859
	0.473578	0.493421	0.456815	0.47994	0.491266	0.491121	0.493421	0.44181	0.485119	0.493421	0.454207	0.455484
	0.422351	0.440789	0.41333	0.42689	0.437894	0.480022	0.440789	0.499282	0.485119	0.440789	0.412207	0.412749
	0.344163	0.335526	0.354851	0.340683	0.336002	0.357936	0.335526	0.413075	0.366071	0.335526	0.356659	0.355769
	0.273389	0.230526	0.304993	0.26061	0.235808	0.206437	0.230526	0.267241	0.211905	0.230526	0.309714	0.307407
	...											
	0.47001	0.471476	0.46859	0.46859								
	0.456815	0.458202	0.455484	0.455484								
	0.41333	0.413954	0.412749	0.412749								
	0.354851	0.353903	0.355769	0.355769								
	0.304993	0.302465	0.307407	0.307407								
	LOOP_2											
The updated C values	This is the E step											

Διπλωματική εργασία

Ζουμή Ειρήνη

C0: 45.2339	0.406436	0.493263	0.382653	0.407488	0.411102	0.493263	0.382653	0.390488	0.392529	0.465292	0.424694	0.388497
C1: 44.3392	0.397019	0.480473	0.41838	0.396635	0.395506	0.480473	0.41838	0.407155	0.405243	0.40433	0.393493	0.465472
C2: 43.013	0.383554	0.306404	0.456437	0.380985	0.372388	0.306404	0.456437	0.427526	0.421179	0.273608	0.342665	0.499785
C3: 43.8178	0.391583	0.430726	0.435463	0.390333	0.386279	0.430726	0.435463	0.415837	0.411974	0.357291	0.373789	0.489311
C4: 46.9049	0.421409	0.289134	0.307067	0.424559	0.434725	0.289134	0.307067	0.358994	0.369075	0.499479	0.465359	0.156935
...												
	0.382653	0.392911	0.408948	0.389008	0.424694	0.379562	0.382653	0.391093	0.394584	0.392103	0.391093	0.389008
	0.41838	0.404913	0.396144	0.408722	0.393493	0.443124	0.41838	0.406561	0.403557	0.405621	0.406561	0.408722
	0.456437	0.420022	0.377473	0.43234	0.342665	0.491619	0.456437	0.425612	0.415067	0.422478	0.425612	0.43234
	0.435463	0.411283	0.388653	0.418861	0.373789	0.468292	0.435463	0.414657	0.408378	0.412753	0.414657	0.418861
	0.307067	0.370871	0.428782	0.351069	0.465359	0.217404	0.307067	0.362077	0.378413	0.367045	0.362077	0.351069
...												
	0.424694	0.408948	0.405418	0.406147	0.38433	0.392103	0.39498	0.429653	0.39479	0.391627	0.380828	0.406436
	0.393493	0.396144	0.397416	0.397129	0.415155	0.405621	0.403256	0.393514	0.4034	0.406055	0.423116	0.397019
	0.342665	0.377473	0.386067	0.384263	0.449287	0.422478	0.413917	0.332706	0.414469	0.423944	0.465656	0.383554
	0.373789	0.388653	0.392822	0.391931	0.430247	0.412753	0.407715	0.370166	0.408033	0.41364	0.442655	0.391583
	0.465359	0.428782	0.418277	0.42053	0.32098	0.367045	0.380131	0.473961	0.379308	0.364733	0.287745	0.421409
...												
	0.385785	0.379249	0.391093	0.389008	0.49046	0.436825	0.382653	0.392103	0.393572	0.38703	0.493263	0.44779
	0.412843	0.430546	0.406561	0.408722	0.427989	0.394187	0.41838	0.405621	0.40436	0.411115	0.480473	0.39664
	0.443651	0.477528	0.425612	0.43234	0.250624	0.319053	0.456437	0.422478	0.418046	0.439123	0.306404	0.299847
	0.426321	0.452991	0.414657	0.418861	0.367982	0.365719	0.435463	0.412753	0.410116	0.423271	0.430726	0.360677
	0.3314	0.259686	0.362077	0.351069	0.462945	0.484216	0.307067	0.367045	0.373906	0.339461	0.289134	0.495047
...												
	0.424694	0.385785	0.388093	0.379249	0.410278	0.405418	0.403398	0.424694	0.416272	0.409567	0.404242	0.408402
	0.393493	0.412843	0.409781	0.430546	0.395738	0.397416	0.398283	0.393493	0.394353	0.39595	0.397908	0.396322
	0.342665	0.443651	0.435419	0.477528	0.374317	0.386067	0.391149	0.342665	0.360629	0.375997	0.38901	0.378778
	0.373789	0.426321	0.420841	0.452991	0.387172	0.392822	0.395379	0.373789	0.381051	0.387958	0.394294	0.389274
	0.465359	0.3314	0.345866	0.259686	0.432494	0.418277	0.411792	0.465359	0.447695	0.430527	0.414546	0.427224
...												
	0.388093	0.418384	0.493263	0.408402	0.44779	0.493263	0.388093	0.393257	0.392529	0.38433	0.49046	0.38703
	0.409781	0.394025	0.480473	0.396322	0.39664	0.480473	0.409781	0.40462	0.405243	0.415155	0.427989	0.411115
	0.435419	0.355992	0.306404	0.378778	0.299847	0.306404	0.435419	0.418983	0.421179	0.449287	0.250624	0.439123

Διπλωματική εργασία

Ζουμή Ειρήνη

	0.420841	0.379091	0.430726	0.389274	0.360677	0.430726	0.420841	0.410668	0.411974	0.430247	0.367982	0.423271
	0.345866	0.452507	0.289134	0.427224	0.495047	0.289134	0.345866	0.372472	0.369075	0.32098	0.462945	0.339461
	...											
	0.49046	0.44779	0.410278	0.403994	0.392529	0.465292	0.414585	0.38433	0.393572	0.394584	0.394121	0.406147
	0.427989	0.39664	0.395738	0.398016	0.405243	0.40433	0.394673	0.415155	0.40436	0.403557	0.403919	0.397129
	0.250624	0.299847	0.374317	0.389636	0.421179	0.273608	0.3644	0.449287	0.418046	0.415067	0.416423	0.384263
	0.367982	0.360677	0.387172	0.39461	0.411974	0.357291	0.382688	0.430247	0.410116	0.408378	0.409166	0.391931
	0.462945	0.495047	0.432494	0.413744	0.369075	0.499479	0.443654	0.32098	0.373906	0.378413	0.376372	0.42053
	...											
	0.44779	0.382653	0.411102	0.493263	0.380828	0.391627	0.382653	0.393572	0.392103	0.382653	0.409567	0.410278
	0.39664	0.41838	0.395506	0.480473	0.423116	0.406055	0.41838	0.40436	0.405621	0.41838	0.39595	0.395738
	0.299847	0.456437	0.372388	0.306404	0.465656	0.423944	0.456437	0.418046	0.422478	0.456437	0.375997	0.374317
	0.360677	0.435463	0.386279	0.430726	0.442655	0.41364	0.435463	0.410116	0.412753	0.435463	0.387958	0.387172
	0.495047	0.307067	0.434725	0.289134	0.287745	0.364733	0.307067	0.373906	0.367045	0.307067	0.430527	0.432494
	...											
	0.411102	0.412065	0.410278	0.410278								
	0.395506	0.395251	0.395738	0.395738								
	0.372388	0.37015	0.374317	0.374317								
	0.386279	0.385256	0.387172	0.387172								
	0.434725	0.437278	0.432494	0.432494								