



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Έξυπνο Καλάθι Αγοράς με Προηγμένες Ικανότητες
Κοστολόγησης & Ελέγχου Περιεχομένου

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

του προπτυχιακού φοιτητή

Αλάμπεη Βασίλειου

Επιβλέπων:

Κρητικός Κυριάκος,

Αναπληρωτής Καθηγητής Τμήματος ΜΠΕΣ

Μέλη Εξεταστικής Επιτροπής:

Γκουμόπουλος Χρήστος,

Καθηγητής Τμήματος ΜΠΕΣ

Σκούτας Δημήτριος,

Αναπληρωτής Καθηγητής

Τμήματος ΜΠΕΣ

Σάμος, Μάρτιος 2025

Η σελίδα αυτή είναι σκόπιμα λευκή.

Ευχαριστίες

Σε αυτό το σημείο, θα ήθελα να ευχαριστήσω εκ βάθους καρδιάς όλους τους ανθρώπους που με βοήθησαν κατά τη διάρκεια των σπουδών μου. Κυρίως, ευχαριστώ την οικογένειά μου, τους γονείς μου Γιώργο και Μαρία που με στήριξαν και με στηρίζουν ποικιλοτρόπως σε κάθε μου βήμα και ιδιαιτέρως τον αδερφό μου Δημήτρη, ο οποίος συνέβαλε τα μέγιστα κατά τη διάρκεια των σπουδών μου με τις γνώσεις του αλλά και με τη συνεχή στήριξή του. Επιπλέον ευχαριστώ όλους μου τους φίλους που βρίσκονται δίπλα μου και με στηρίζουν με κάθε τρόπο.

Ευχαριστίες θέλω επίσης να απευθύνω στον επιβλέπων καθηγητή της διπλωματικής μου εργασίας κ. Κυριάκο Κρητικό για τη πολύτιμη βοήθεια και τις συμβουλές που μου παρείχε καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας, καθώς και στα μέλη της εξεταστικής επιτροπής κ. Χρήστο Γκουμόπουλο και κ. Δημήτριο Σκούτα, αμφότεροι καθηγητές του τμήματος ΜΠΕΣ.

Copyrights © Αλάμπης Βασίλειος 2025.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος, All rights deserved.

Τμήμα Μηχανικών Πληροφοριακών και Επικοινωνιακών Συστημάτων

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ

Η σελίδα αυτή είναι σκόπιμα λευκή.

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1ο: Εισαγωγή.....	10
1.1 Προβλήματα Διαδικασίας Αγορών με Απλά Καλάθια	10
1.2 Αντικείμενο Διπλωματικής	11
1.3 Περιγραφή Συνεισφοράς Διπλωματικής Εργασίας	11
1.4 Δομή Διπλωματικής	12
Κεφάλαιο 2ο: Μελέτη Τεχνολογιών και Αισθητήριων Συσκευών σε IoT Περιβάλλοντα	13
2.1 Εισαγωγή.....	13
2.2 Barcode.....	13
2.3 QR Code.....	15
2.4 Τεχνολογία RFID	17
2.4.1 Περιγραφή Τεχνολογίας RFID.....	17
2.4.2 RFID Ετικέτες.....	18
2.5 Είδη Επιθέσεων σε Συστήματα Αυτόματης Αναγνώρισης και Συλλογής Δεδομένων.....	27
2.6 Σύγκριση και Επιλογή Συστήματος Αυτόματης Αναγνώρισης.....	29
2.7 Συσκευές IoT	30
2.7.1 Εισαγωγή	30
2.7.2 Μικροελεγκτές (Micro-Controllers).....	31
2.7.3 RFID Αναγνώστες.....	36
2.7.4 Αισθητήρες Βάρους και Οθόνες Ενδείξεων.....	41
2.8 Πρωτόκολλα Επικοινωνίας	44
2.8.1 SPI (Serial Peripheral Interface).....	44
2.8.2 I2C (Inter – Integrated Circuit)	44
2.8.3 UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter)	45
2.8.4 Wi-Fi (Wireless-Fidelity).....	45
2.8.5 LoRaWan (Long Range Wide Area Network).....	46
2.8.6 Zigbee	47
2.8.7 HTTP (Hypertext Transfer Protocol)	47
Κεφάλαιο 3ο: Παρόμοια Συστήματα	53
3.1 Εισαγωγή.....	53
3.2 Παρόμοιες μελέτες	53
3.2.1 Σχεδίαση Έξυπνου Καλαθιού Αγορών με Χρήση IoT	53
3.2.2 Έξυπνο Καρότσι για Έξυπνες Αγορές με Προηγμένο Σύστημα Τιμολόγησης με Χρήση IoT. 55	55

3.2.3 Η Ανάπτυξη του Έξυπνου Καλαθιού IoT: Σύγκριση Απόδοσης Μεταξύ Συστήματος Edge Computing και Cloud Computing.....	57
3.2.4 Έξυπνο Καλάθι Αγορών Βασισμένο σε Εφαρμογές IoT.....	58
Ενότητα 3.3: Σύγκριση των Παρόμοιων Συστημάτων με το Ανεπτυγμένο Σύστημα.....	60
Κεφάλαιο 4ο: Ανάπτυξη συστήματος έξυπνου καλαθιού	63
4.1 Απαιτήσεις Συστήματος	64
4.1.1 Λειτουργικές Απαιτήσεις.....	64
4.1.2 Μη Λειτουργικές Απαιτήσεις.....	65
4.2 Σχεδίαση Συστήματος	67
4.2.1 Περιβάλλον και αρχιτεκτονική συστήματος	67
4.2.2 Βάση δεδομένων συστήματος	68
4.2.3 Μοντέλο περιπτώσεων χρήσης	71
4.3 Υλοποίηση Συστήματος	85
4.3.1 Υλοποίηση IoT συστήματος	86
4.3.2 Γλώσσα προγραμματισμού.....	87
4.3.3 Προγραμματιστική Διασύνδεση Συσκευών	87
4.3.4 Ηλεκτρονικά Κυκλώματα	88
4.3.5 Υλοποίηση εφαρμογής για τον Χρήστη.....	92
4.3.6 Ανάπτυξη RESTful API του Συστήματος.....	102
4.4 Αξιολόγηση Ικανοποίησης Απαιτήσεων	114
Κεφάλαιο 5ο: Εγκατάσταση και Επίδειξη του Συστήματος.....	118
5.1 Τρόπος Εγκατάστασης και Εκτέλεσης.....	118
5.1.1 Απαιτήσεις Συστήματος	118
5.1.2 Βήματα Εγκατάστασης.....	119
5.1.3 Οδηγίες Εκτέλεσης	120
5.1.4 Δοκιμή και Βεβαίωση Λειτουργίας	121
5.2 Σενάρια Χρήσης.....	122
5.2.1 Σενάριο 1 ^ο : Σύνδεση με το Καλάθι και Εισαγωγή Προϊόντος.....	122
5.2.2 Σενάριο 2 ^ο : Αφαίρεση Προϊόντος από το Καλάθι.....	128
5.2.3 Σενάριο 3 ^ο : Εισαγωγή Αγνώστου Προϊόντος στο Καλάθι.....	131
5.2.4 Σενάριο 4 ^ο : Σύνδεση με το Καλάθι και Δημιουργία Εικονικού Καλαθιού.	132
Κεφάλαιο 6ο: Σύνοψη και Συμπεράσματα	137
6.1 Συμπεράσματα και Εμπειρίες.....	137

6.2 Μελλοντικές Κατευθύνσεις Εργασίας και Επέκταση του Συστήματος	138
---	-----

Λίστα Εικόνων

Εικόνα 1: Μικροελεγκτής Raspberry pi Pico W.....	31
Εικόνα 2: Μικροελεγκτής Tiny2040.....	33
Εικόνα 3: Μικροελεγκτής ESP32.	34
Εικόνα 4: Μικροελεγκτής ESP8266.	35
Εικόνα 5: Αναγνώστης RFID RC-522.....	37
Εικόνα 6: Αναγνώστης RFID PN532.	38
Εικόνα 7: Αναγνώστης RFID RDM3600.	40
Εικόνα 8: Ενισχυτής φορτίου HX711 - HR0223.....	41
Εικόνα 9: Αισθητήρας βάρους Hairtronic HR0399-10.....	42
Εικόνα 10: Οθόνη LCD1602.	43
Εικόνα 11: Διάγραμμα κυκλώματος μελέτης “Σχεδίαση Έξυπνου Καλαθιού Αγορών με Χρήση IoT”.	55
Εικόνα 12: Διάγραμμα μοντέλου μελέτης “Έξυπνο Καρότσι για Έξυπνες Αγορές με Προηγμένο Σύστημα Τιμολόγησης με Χρήση IoT”.	56
Εικόνα 13: Αναγνώριση αντικειμένων στο έξυπνο καλάθι που αναπτύχθηκε στα πλαίσια της εργασίας.....	58
Εικόνα 14: Σύνδεση των τμημάτων IoT “Έξυπνο Καλάθι Αγορών Βασισμένο σε Εφαρμογές IoT”. 60	
Εικόνα 15: Διάγραμμα περιβάλλοντος του ανεπτυγμένου συστήματος.....	67
Εικόνα 16: Μπλοκ διάγραμμα του ανεπτυγμένου συστήματος.....	68
Εικόνα 17: Διάγραμμα βάσης δεδομένων του ανεπτυγμένου συστήματος.....	70
Εικόνα 18: Μοντέλο περιπτώσεων χρήσης του ανεπτυγμένου συστήματος.....	71
Εικόνα 19: Διάγραμμα δραστηριοτήτων περίπτωσης χρήσης 1.....	72
Εικόνα 20: Διάγραμμα δραστηριοτήτων περίπτωσης χρήσης 2.....	75
Εικόνα 21: Διάγραμμα δραστηριοτήτων περίπτωσης χρήσης 3.....	77
Εικόνα 22: Διάγραμμα δραστηριοτήτων περίπτωσης χρήσης 4.....	79

Διπλωματική εργασία: Έξυπνο Καλάθι Αγοράς με Προηγμένες Ικανότητες Κοστολόγησης &
Ελέγχου Περιεχομένου

Εικόνα 23: Διάγραμμα δραστηριοτήτων περίπτωσης χρήσης 5.	80
Εικόνα 24: Διάγραμμα δραστηριοτήτων περίπτωσης χρήσης 6.	81
Εικόνα 25: Διάγραμμα δραστηριοτήτων περίπτωσης χρήσης 7.	82
Εικόνα 26: Διάγραμμα δραστηριοτήτων περίπτωσης χρήσης 8.	84
Εικόνα 27: Διάγραμμα κυκλώματος ανεπτυγμένου συστήματος.	91
Εικόνα 28: Αρχική εικόνα της εφαρμογής του ανεπτυγμένου συστήματος.	95
Εικόνα 29: Οθόνη “Your Basket” της εφαρμογής του ανεπτυγμένου συστήματος.	96
Εικόνα 30: Μενού πλοήγησης της εφαρμογής του ανεπτυγμένου συστήματος.	97
Εικόνα 31: Οθόνη “Products” της εφαρμογής του ανεπτυγμένου συστήματος.	98
Εικόνα 32: Αναζήτηση προϊόντος στην οθόνη “Products” της εφαρμογής του ανεπτυγμένου συστήματος.	99
Εικόνα 33: Οθόνη “Offers” της εφαρμογής του ανεπτυγμένου συστήματος.	100
Εικόνα 34: Οθόνη “Virtual Basket” της εφαρμογής του ανεπτυγμένου συστήματος.	101
Εικόνα 35: Οθόνη “Virtual Basket” της εφαρμογής του ανεπτυγμένου συστήματος μετά το πάτημα του κουμπιού “CLEAR BASKET”.....	102
Εικόνα 36: Αποτέλεσμα καλαθιού κατά την εκκίνηση του.	122
Εικόνα 37: Οθόνη εφαρμογής κατά την εκκίνηση της.	123
Εικόνα 38: Οθόνη εφαρμογής του ανεπτυγμένου συστήματος μετά το πάτημα του κουμπιού “Scan”.	124
Εικόνα 39: Οθόνη “Your Basket” της εφαρμογής του ανεπτυγμένου συστήματος μετά τη σάρωση του QR Code του καλαθιού.	125
Εικόνα 40: Οθόνη καλαθιού μετά την προσθήκη του προϊόντος.	126
Εικόνα 41: Οθόνη καλαθιού για 3 δευτερόλεπτα μετά την προσθήκη του προϊόντος.	126
Εικόνα 42: Οθόνη καλαθιού μέχρι την επόμενη ενέργεια.	126
Εικόνα 43: Οθόνη “Your Basket” της εφαρμογής του ανεπτυγμένου συστήματος μετά την προσθήκη του προϊόντος.	127

Διπλωματική εργασία: Έξυπνο Καλάθι Αγοράς με Προηγμένες Ικανότητες Κοστολόγησης &
Ελέγχου Περιεχομένου

Εικόνα 44: Οθόνη εφαρμογής στη περίπτωση σφάλματος που ο χρήστης δεν έχει πατήσει το κουμπί εκκίνησης στο καλάθι του.....	128
Εικόνα 45: Οθόνη “Your Basket” της εφαρμογής του ανεπτυγμένου συστήματος μετά την προσθήκη ενός ακόμα προϊόντος.	129
Εικόνα 46: Οθόνη καλαθιού μετά την αφαίρεση του πρώτου προϊόντος.	130
Εικόνα 47: Οθόνη καλαθιού για 3 δευτερόλεπτα μετά την αφαίρεση του πρώτου προϊόντος.	130
Εικόνα 48: Οθόνη καλαθιού μέχρι την επόμενη ενέργεια.	130
Εικόνα 49: Οθόνη “Your Basket” της εφαρμογής του ανεπτυγμένου συστήματος μετά την αφαίρεση του πρώτου προϊόντος.....	131
Εικόνα 50: Οθόνη καλαθιού μετά την προσθήκη άγνωστου προϊόντος.	132
Εικόνα 51: Μενού της εφαρμογής του ανεπτυγμένου συστήματος.....	133
Εικόνα 52: Οθόνη “Virtual Basket” της εφαρμογής του ανεπτυγμένου συστήματος.	134
Εικόνα 53: Οθόνη “Virtual Basket” της εφαρμογής του ανεπτυγμένου συστήματος μετά την προσθήκη προϊόντων.	135
Εικόνα 54: Οθόνη “Virtual Basket” της εφαρμογής του ανεπτυγμένου συστήματος μετά το πάτημα του κουμπιού “CLEAR BASKET”.....	136

Λίστα Πινάκων

Πίνακας 1: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της τεχνολογίας Barcode	14
Πίνακας 2: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της τεχνολογίας QR code.....	16
Πίνακας 3: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των διαφόρων τύπων RFID ετικετών, βάση τον τρόπο λειτουργίας τους.....	20
Πίνακας 4: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των διαφόρων τύπων RFID ετικετών, βάση την συχνότητα λειτουργίας τους.....	24
Πίνακας 5: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της τεχνολογίας RFID.....	26
Πίνακας 6: Σύγκριση τεχνολογιών αυτόματης αναγνώρισης	29
Πίνακας 7: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των πρωτοκόλλων που προαναφέρθηκαν.	48
Πίνακας 8: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα μελέτης “Σχεδίαση Έξυπνου Καλαθιού Αγορών με Χρήση IoT ”.....	54
Πίνακας 9: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα μελέτης “Έξυπνο Καρότσι για Έξυπνες Αγορές με Προηγμένο Σύστημα Τιμολόγησης με Χρήση IoT”.	56
Πίνακας 10: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα μελέτης “Η Ανάπτυξη του Έξυπνου Καλαθιού IoT : Σύγκριση Απόδοσης Μεταξύ Συστήματος Edge Computing και Cloud Computing”.....	57
Πίνακας 11: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα μελέτης “Έξυπνο Καλάθι Αγορών Βασισμένο σε Εφαρμογές IoT”.	59
Πίνακας 12: Σύγκριση παρόμοιων συστημάτων με το ανεπτυγμένο σύστημα.	61
Πίνακας 13: Ικανοποίηση λειτουργικών απαιτήσεων.....	115
Πίνακας 14: Αξιολόγηση ικανοποίησης Μη λειτουργικών απαιτήσεων.	116

Περίληψη

Η τρέχουσα διπλωματική εργασία πραγματεύεται την ανάπτυξη ενός έξυπνου καλαθιού αγοράς με χρήση συσκευών IoT αίσθησης και υπολογισμού. Οι συσκευές αίσθησης (sensing devices) διαισθάνονται τον κωδικό ενός προϊόντος που μπαίνει στο καλάθι μέσω τεχνολογίας RFID καθώς και υπολογίζουν το τρέχων βάρος του καλαθιού ενώ παρέχουν την πληροφορία που διαισθάνονται στην συσκευή υπολογισμού. Η τελευταία αναζητά τις πληροφορίες του προϊόντος είτε τοπικά είτε απομακρυσμένα από το σύστημα καταγραφής αποθεμάτων και έπειτα προσθέτει την τιμή του στην συνολική τιμή του καλαθιού αγοράς. Η τελευταία τιμή εμφανίζεται από μια άλλη συσκευή IoT στον χρήστη. Επίσης, η συσκευή υπολογισμού προσθέτει το βάρος του προϊόντος στο συνολικό βάρος του καλαθιού και ελέγχει αν το τρέχων βάρος είναι σωστό (άθροισμα βάρους των προϊόντων που εμφανίζονται στο καλάθι). Σε περίπτωση κάποιας απόκλισης, ενημερώνεται ο χρήστης μέσω της συσκευής εμφάνισης. Η συσκευή υπολογισμού παράγει έναν ήχο και ειδοποιεί τον χρήστη μέσω της συσκευής εμφάνισης εφόσον εισαχθεί στο καλάθι αγοράς ένα προϊόν για το οποίο δεν μπορεί να διαβαστεί το αναγνωριστικό του. Ένα κύριο πλεονέκτημα από το σύστημα έξυπνου καλαθιού αγοράς που αναπτύχθηκε είναι πως όταν το καλάθι φθάσει στο ταμείο, το ταμειακό σύστημα μπορεί να ενημερώνεται αυτόματα για το περιεχόμενο του καλαθιού, για το τελικό ποσό προς χρέωση του πελάτη και για οποιοδήποτε είδος προβλήματος που μπορεί να έχει ανακαλύψει. Με αυτό τον τρόπο, μπορεί να μειωθεί στο ελάχιστο η αναμονή στο ταμείο ενός καταστήματος.

Εκτός από την κατάλληλη επιλογή, διαμόρφωση και τοποθέτηση των συσκευών IoT και τον προγραμματισμό της υπολογιστικής συσκευής, στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας αναπτύχθηκε και ένα app, το οποίο εκτελείται σε συσκευές με λειτουργικό σύστημα Android. Το app αυτό συνδέεται με την συσκευή υπολογισμού και εμφανίζει στον χρήστη-πελάτη το περιεχόμενο του καλαθιού και το τελικό του κόστος. Μέσω αυτού, ο χρήστης μπορεί να ελέγχει σενάρια εικονικής προσθήκης ή αφαίρεσης προϊόντων από το καλάθι ώστε να μπορεί να υπολογίζει αυτόματα το αντίστοιχο συνολικό κόστος του καλαθιού. Ειδικότερα, ο προγραμματισμός των αγορών του χρήστη διευκολύνεται ακόμη περισσότερο με τη δυνατότητα διαχείρισης εικονικού καλαθιού. Τέλος, το app προσφέρει το πλεονέκτημα πως ο χρήστης όχι μόνο έχει τη πλήρη εποπτεία των προϊόντων του καταστήματος αλλά μπορεί να βλέπει και προσφορές που ενδέχεται να τον ενδιαφέρουν.

Λέξεις-Κλειδιά: Έξυπνο καλάθι αγοράς, Διαδίκτυο των Πραγμάτων, RFID, συσκευή εμφάνισης, Android app, αυτοματοποίηση πληρωμών, αισθητήρας βάρους, διαχείριση εικονικού καλαθιού.

Abstract

This thesis has dealt with the development of a Smart Shopping Cart using IoT sensing and computing devices. The sensing devices detect the code of a product placed in the cart using RFID technology and calculate the current weight of the cart while providing the detected information to the computing device. The latter retrieves the product information either locally or remotely from the inventory management system and then adds the product price to the total cost of the shopping cart. This total price is then displayed by another IoT device (display device) to the user. Further, the computing device adds the product's weight to the total weight of the cart and checks whether the current weight is correct (the sum of the weights of the products detected in the cart). In case of any discrepancy, the user is notified through the display device. The computing device also generates a sound and notifies the user via the display device if a product is added to the cart but its identifier cannot be read. When the cart reaches the cash desk, the POS/cash system will have the ability to be automatically updated with the cart's contents, the final amount to be charged to the user-client, and any detected issue. In this way, the delay of clients in a shop's cash desk can be minimized.

Apart from the appropriate selection, configuration, and placement of the IoT devices and the programming of the computing device, an app has been developed in the context of this thesis that can be executed on Android devices. This app can connect to the computing device and display the cart's contents and total cost to the user-client. Through this app, the user will be able to control scenarios of virtually adding or removing products from the cart to automatically calculate the corresponding total cost of the cart. As such, the shopping planning of the client can be optimally facilitated with this ability of managing virtual baskets. Finally, the app offers the advantage that the user does not only have an overall knowledge of all available products in the shop, but he/she can see offers that might be of interest.

Keywords: Smart shopping cart, Internet of Things, RFID, display device, Android app, payment automation, weight sensor, virtual cart management.

Κεφάλαιο 1ο: Εισαγωγή

1.1 Προβλήματα Διαδικασίας Αγορών με Απλά Καλάθια

Η χρήση απλών καλαθιών αγορών στα φυσικά καταστήματα αποτελεί μια παραδοσιακή πρακτική που, αν και λειτουργική, παρουσιάζει αρκετές προκλήσεις και περιορισμούς. Αυτά τα προβλήματα καθιστούν τη διαδικασία των αγορών λιγότερο αποδοτική και αποτελούν βασικά κίνητρα για την ανάπτυξη πιο σύγχρονων λύσεων, όπως τα έξυπνα καλάθια αγορών. Τα κύρια προβλήματα που παρατηρούνται είναι τα εξής:

Έλλειψη Αυτοματοποιημένης Παρακολούθησης Προϊόντων

- Τα απλά καλάθια αγορών δεν παρέχουν τρόπο για την αυτόματη καταγραφή των προϊόντων που τοποθετούνται σε αυτά.
- Οι πελάτες πρέπει να περιμένουν στην ουρά του ταμείου για την αναγνώριση των προϊόντων, διαδικασία που απαιτεί χρόνο και οδηγεί σε καθυστερήσεις, ειδικά σε ώρες αιχμής.

Απουσία Πληροφόρησης σε Πραγματικό Χρόνο

- Οι πελάτες δεν έχουν τη δυνατότητα να γνωρίζουν το συνολικό κόστος των προϊόντων στο καλάθι τους κατά τη διάρκεια των αγορών.
- Η έλλειψη πληροφόρησης μπορεί να οδηγήσει σε απρόσμενο τελικό κόστος, προκαλώντας δυσφορία ή ανάγκη επιστροφής προϊόντων.

Αδυναμία Ανίχνευσης Σφαλμάτων

- Δεν υπάρχει τρόπος να εντοπιστεί αν ένα προϊόν δεν σαρωθεί σωστά κατά τη διαδικασία πληρωμής, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε λάθη στη χρέωση.
- Η ευθύνη για τη σωστή καταγραφή εναποτίθεται αποκλειστικά στο προσωπικό του ταμείου, αυξάνοντας τον κίνδυνο ανθρώπινων λαθών.

Αυξημένος Χρόνος στο Ταμείο

- Η σάρωση των προϊόντων στο ταμείο είναι χρονοβόρα διαδικασία, ειδικά όταν υπάρχει μεγάλος αριθμός προϊόντων στο καλάθι.
- Ο χρόνος αναμονής στην ουρά αποτελεί συχνά σημείο δυσαρέσκειας για τους πελάτες, ιδιαίτερα κατά τις ώρες αιχμής.

Περιορισμένη Εμπειρία Χρήσης

- Δεν παρέχεται καμία δυνατότητα προγραμματισμού αγορών, όπως η δημιουργία λίστας προϊόντων ή η ενημέρωση για το ένα προϊόν είναι διαθέσιμο.
- Αυτό το έλλειμμα στερεί από το πελάτη μια σύγχρονη εμπειρία αγορών που συνδυάζει ευκολία, ταχύτητα και τεχνολογική υποστήριξη.

1.2 Αντικείμενο Διπλωματικής

Η παρούσα διπλωματική εργασία επικεντρώνεται στη σχεδίαση, υλοποίηση και αξιολόγηση ενός **έξυπνου καλαθιού αγορών**, βασισμένου στις τεχνολογίες του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT) και της ταυτοποίησης μέσω ραδιοσυχνοτήτων (RFID). Το σύστημα στοχεύει στη βελτίωση της εμπειρίας των πελατών κατά τις αγορές τους σε φυσικά καταστήματα, ενσωματώνοντας προηγμένες τεχνολογίες για την αυτοματοποιημένη αναγνώριση προϊόντων, την παρακολούθηση αγορών σε πραγματικό χρόνο και την ασφαλή διαχείριση δεδομένων.

Η χρήση IoT συσκευών και RFID αναγνωριστικών επιτρέπει την αποδοτική διασύνδεση του καλαθιού με μια κινητή εφαρμογή, η οποία προσφέρει στους χρήστες πληθώρα λειτουργιών, όπως η διαχείριση των προϊόντων στο καλάθι, η προβολή της συνολικής αξίας των αγορών και η διασφάλιση της ακρίβειας στις συναλλαγές μέσω τεχνολογιών ασφαλείας.

1.3 Περιγραφή Συνεισφοράς Διπλωματικής Εργασίας

Το σύστημα έξυπνου καλαθιού που αναπτύχθηκε συνδυάζει τεχνολογίες αιχμής με στόχο τη βελτίωση της λειτουργικότητας και της αποδοτικότητας στις καθημερινές αγορές. Ειδικότερα, το σύστημα περιλαμβάνει:

- **Ένα έξυπνο καλάθι αγορών** εξοπλισμένο με RFID αναγνώστη και αισθητήρα βάρους, το οποίο επιτρέπει την αυτόματη αναγνώριση προϊόντων, την ανίχνευση σφαλμάτων (π.χ προϊόντα χωρίς ετικέτα RFID, λανθασμένη αναγνώριση προϊόντων ή διαφοροποίηση μεταξύ του βάρους που μετρά ο αισθητήρας βάρους και των προϊόντων που αναγνωρίζονται από το σύστημα) και την προβολή πληροφοριών σε μια ενσωματωμένη οθόνη LCD.
- **Μια κινητή εφαρμογή** που επιτρέπει στους χρήστες να διαχειρίζονται το περιεχόμενο του καλαθιού, να παρακολουθούν το συνολικό κόστος και να λαμβάνουν ειδοποιήσεις σε πραγματικό χρόνο.
- **Μια βάση δεδομένων** για την αποθήκευση πληροφοριών προϊόντων και καλαθιών, με στόχο την παροχή αξιόπιστων δεδομένων στο σύστημα.
- **Ένα θωρακισμένο API** που διασφαλίζει την ασφαλή επικοινωνία μεταξύ του καλαθιού, της εφαρμογής και της βάσης δεδομένων.

Το σύστημα επιδιώκει να προσφέρει μια πλήρη λύση για την αυτοματοποίηση της διαδικασίας αγορών, μειώνοντας τον χρόνο αναμονής των πελατών, αυξάνοντας την ακρίβεια στις συναλλαγές, και ενισχύοντας την ασφάλεια. Συγκεκριμένα, το σύστημα χρησιμοποιεί ένα θωρακισμένο API για την προστασία της επικοινωνίας μεταξύ των συσκευών, διασφαλίζοντας ότι τα δεδομένα των αγορών παραμένουν ασφαλή και προστατευμένα από μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση.

Σε σύγκριση με σχετικές εργασίες ή συστήματα, το σύστημα ξεχωρίζει για την πολυδιάστατη ασφάλεια που προσφέρει, τη χρήση συνδυαστικών αισθητήρων για την αποφυγή λαθών, καθώς και τη δυνατότητα ενσωμάτωσης νέων λειτουργιών, όπως δημιουργία εικονικού καλαθιού. Αυτά τα χαρακτηριστικά καθιστούν το σύστημα πρωτοποριακό και ιδανικό για τη βελτίωση της εμπειρίας αγορών στα φυσικά καταστήματα.

1.4 Δομή Διπλωματικής

Η εργασία αποτελείται από έξι κύρια κεφάλαια, τα οποία περιγράφονται συνοπτικά ως εξής (εκτός από το πρώτο, το οποίο το έχουμε ήδη καλύψει):

- **Κεφάλαιο 2: Θεωρητική Ανάλυση και Σχεδιασμός**
Περιλαμβάνει την ανασκόπηση των βασικών τεχνολογιών που χρησιμοποιούνται στο σύστημα, όπως οι τεχνολογίες AIDC (Automatic Identification and Data Capture), τα RFID αναγνωριστικά, οι αισθητήρες βάρους, οι μικροελεγκτές και τα πρωτόκολλα επικοινωνίας.
- **Κεφάλαιο 3: Παρόμοιες Μελέτες και Συγκρίσεις**
Παρουσιάζονται αντίστοιχες μελέτες και εφαρμογές έξυπνων συστημάτων αγορών, αναδεικνύοντας τα πλεονεκτήματα και τις καινοτομίες του παρόντος συστήματος.
- **Κεφάλαιο 4: Ανάπτυξη Συστήματος**
Το κεφάλαιο αυτό περιγράφει τη διαδικασία ανάπτυξης του έξυπνου καλαθιού, αναλύοντας τη γενική αρχιτεκτονική και τα βασικά υποσυστήματα. Παρουσιάζονται τα κύρια στάδια της ανάπτυξης, οι τεχνολογικές επιλογές, θέματα ασφάλειας που προέκυψαν και τα σημαντικότερα παραδοτέα, όπως διαγράμματα και η διεπαφή χρήστη.
- **Κεφάλαιο 5: Εγκατάσταση και Επίδειξη του Συστήματος Βάση Σεναρίων**
Παρουσιάζονται ο τρόπος εγκατάστασης και εκτέλεσης του λογισμικού μέρους του συστήματος, καθώς και σενάρια χρήσης του έξυπνου καλαθιού, με έμφαση στη λειτουργικότητα, την εμπειρία χρήστη και τις δυνατότητες του συστήματος.
- **Κεφάλαιο 6: Σύνοψη και Συμπεράσματα**
Συνοψίζονται τα αποτελέσματα της εργασίας, αναδεικνύονται οι εμπειρίες από την ανάπτυξη του συστήματος και προτείνονται μελλοντικές κατευθύνσεις και επεκτάσεις.

Κεφάλαιο 2ο: Μελέτη Τεχνολογιών και Αισθητήριων Συσκευών σε IoT Περιβάλλοντα

2.1 Εισαγωγή

Η τεχνολογία αυτόματης αναγνώρισης και συλλογής δεδομένων (Automatic Identification and Data Capture – AIDC) αποτελεί ένα σημαντικό πεδίο της σύγχρονης τεχνολογίας, με εφαρμογές που περιλαμβάνουν τη λιανική πώληση, τη διαχείριση αποθεμάτων και την αλυσίδα εφοδιασμού. Με τη χρήση τεχνολογιών, όπως οι γραμμωτοί κώδικες, το RFID και οι κινητές συσκευές, η AIDC συμβάλλει στη βελτίωση της ακρίβειας, της ταχύτητας και της αποδοτικότητας στις επιχειρηματικές διαδικασίες, γεγονός που την καθιστά θεμελιώδη για τη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας και των αποθεμάτων. (Identec Solutions, 2024)

Στο παρόν κεφάλαιο θα εξετάσουμε μερικές από τις κυριότερες τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται στο πλαίσιο της αυτόματης αναγνώρισης και συλλογής δεδομένων και θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την υλοποίηση της εργασίας, συγκεκριμένα τους γραμμωτούς κώδικες (Barcodes), τους κώδικες γρήγορης απόκρισης (QR codes), και την τεχνολογία ταυτοποίησης μέσω ραδιοσυχνοτήτων (RFID), καθώς και τις συσκευές με δυνατότητες IoT που εξυπηρετούν την αναγνώριση, τη συλλογή δεδομένων αλλά και την επεξεργασία τους. Θα εξετάσουμε επίσης κάποια από τα βασικά πρωτόκολλα επικοινωνίας που σχετίζονται με τις τεχνολογίες που θα αναφερθούν, όπως το SPI , το I2C, το UART, το Wi-Fi και το HTTP. Μέσω αυτής της ανάλυσης, θα εξετάσουμε τα βασικά χαρακτηριστικά και τις δυνατότητες αυτών των τεχνολογιών, καθώς και τις προκλήσεις και τις απειλές που μπορεί να αντιμετωπίσουν στο πλαίσιο των εφαρμογών τους.

2.2 Barcode

Οι τεχνολογία Barcode χρησιμοποιείται σε πολλές καθημερινές μας ενέργειες. Αν όχι όλοι, οι περισσότεροι από εμάς γνωρίζουν τι είναι ένα Barcode, μιας και έχει υιοθετηθεί από τις περισσότερες επιχειρήσεις για την αναγνώριση των προϊόντων και την άντληση σημαντικών πληροφοριών για αυτά. Τα Barcodes ή αλλιώς γραμμωτοί κώδικες είναι κλάδος του τομέα αυτόματης αναγνώρισης και συλλογής δεδομένων. Ο γραμμωτός κώδικας κατοχυρώθηκε ως πατέντα στις αρχές της δεκαετίας του '60 από τους Αμερικανούς μεταπτυχιακούς φοιτητές Woodland και Silver, στην προσπάθεια τους να παραγκωνίσουν την πληκτρολόγηση κωδικών με την αυτόματη αναγνώριση της τιμής ενός προϊόντος. Πως όμως λειτουργεί αυτή η τεχνολογία;^a

Το Barcode είναι ο χαρακτηρισμός μιας πληροφορίας με τρόπο κατανοητό από μηχανές. Είναι ένα σύνολο άσπρων και μαύρων γραμμών σε διαφορετικές αποχρώσεις και πλάτος που απεικονίζουν χαρακτηριστικά δεδομένα για κάθε προϊόν. Αυτά τα δεδομένα μπορεί να περιλαμβάνουν ένα ή περισσότερα πεδία, όπως το κωδικό προϊόντος, τη τιμή, την ημερομηνία λήξης, ή άλλες σημαντικές πληροφορίες, όπως ο κωδικός του κατασκευαστή. Το σύνολο αυτό είναι ορατό από αναγνώστες (readers) (δηλ. μηχανήματα ανάγνωσης), οι οποίοι αποσπούν και επεξεργάζονται αυτές τις πληροφορίες.

Ο αναγνώστης στέλνει δέσμες φωτός στο Barcode και λαμβάνει πίσω την ανάκλαση τους, την οποία και μεταφράζει σε μια σειρά αριθμών που αντιστοιχεί σε μια καθορισμένη απεικόνιση του προϊόντος σε μια βάση δεδομένων.

Πίνακας 1: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της τεχνολογίας Barcode

<u>Μειονεκτήματα</u>	<u>Πλεονεκτήματα</u>
Απαιτεί ειδική συσκευή για την αποκωδικοποίηση του Barcode.	Αποτελεί μια παγκόσμια διαδεδομένη και ώριμη τεχνολογία.
Περιέχει περιορισμένο αριθμό πληροφοριών σχετικά με το προϊόν, τον παραγωγό και την ημερομηνία παραγωγής – λήξης	Ακρίβεια στην ανάκτηση των δεδομένων.
Απαιτεί γραμμική οπτική επαφή του αναγνώστη με την Barcode ετικέτα.	Παρέχει μόνο την δυνατότητα ανάγνωσης αλλά όχι τροποποίησης των δεδομένων οπότε υπάρχει περισσότερη ασφάλεια.

Διπλωματική εργασία: Έξυπνο Καλάθι Αγοράς με Προηγμένες Ικανότητες Κοστολόγησης & Ελέγχου Περιεχομένου

Είναι εύκολη η <u>πλαστογραφία</u> τους με στόχο να πλήξουν την ασφάλεια του συστήματος. Ένας επιτιθέμενος (πχ. πελάτης καταστήματος) μπορεί να αντικαταστήσει το barcode ενός ακριβότερου προϊόντος με το barcode ενός φθηνότερου, ώστε να φαίνεται ότι έχει χαμηλότερη τιμή. Επιπλέον, μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε δραστηριότητες λαθρεμπορίου, όπου προϊόντα με χαμηλότερους δασμούς ή φόρους (λόγω της τιμής τους) εμφανίζονται ως πιο ακριβά, επιτρέποντας στους επιτιθέμενους να τα εισάγουν, χωρίς να πληρώσουν το οφειλόμενο ποσό.	Αρκετά απλή και εύκολη στη χρήση της
Είναι ευαίσθητο, καθώς μπορεί να αλλοιωθεί από την τριβή. Μάλιστα, μπορεί ακόμη και να γίνει μη αναγνωρίσιμο από τον αναγνώστη, λόγω σκόνης.	Αρκετά οικονομική λύση.
	Σε περίπτωση που το barcode δεν αναγνωριστεί, το σύστημα συνήθως παρέχει έναν εναλλακτικό αλφαριθμητικό κωδικό ορατό από το ανθρώπινο μάτι για να επιτρέψει τη σωστή αναγνώριση.

2.3 QR Code

Οι κώδικες γρήγορης απόκρισης ή αλλιώς quick response codes (QR Codes) είναι μια διαδραστική τεχνολογία κωδικοποίησης που αναπτύχθηκε από την εταιρία Denso Wave, θυγατρική της Toyota Motors το 1994, για να καλύψει κάποιες αδυναμίες των Barcodes (Denso Wave, 1994). Αρχικά, ο σχεδιασμός των QR Codes πραγματοποιήθηκε για την

αυτόματη ανάγνωση ανταλλακτικών και στη συνέχεια διαδόθηκε στην Ιαπωνία με σκοπό την πρόσβαση σε πληροφορίες μέσω των κινητών τηλεφώνων.^b

Ένας κώδικας γρήγορης απόκρισης είναι μια μορφή μηνύματος με κωδικοποίηση, που μπορεί να αναγνωστεί πολύ γρήγορα από συσκευές, όπως smartphone, tablet και αναγνώστες (readers). Ένας τέτοιος κώδικας αποτελείται από μαύρα κουτάκια σε λευκό φόντο που περιέχουν πληροφορίες, οι οποίες κωδικοποιούνται σε μια δομή αναγνώσιμη από συσκευές ανάγνωσης. Επειδή ο κώδικας γρήγορης απόκρισης είναι δισδιάστατα γραμμικός, αυτό επιτρέπει την αποθήκευση μεγαλύτερης ποσότητας δεδομένων και τον καθιστά ταχύτερο από τους τυπικούς μονοδιάστατους γραμμικούς κώδικες (Barcodes), καθώς μπορεί να αναγνωστεί όχι μόνο οριζόντια αλλά και κάθετα. Οι QR κώδικες χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, αυτή των στατικών, οι οποίοι δεν μπορούν μετά την έκδοσή τους να τροποποιηθεί η πληροφορία τους, και των ενεργητικών όπου η πληροφορία τους είναι μεταβλητή.^c

Μέχρι και κάποια χρόνια πριν, η συγκεκριμένη τεχνολογία δεν ήταν ευρέως διαδεδομένη, η χρήση της περιοριζόταν σε αφίσες, περιοδικά εφημερίδες και επαγγελματικές κάρτες, ωστόσο από το 2017 και μετά λόγω της περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης και τον περιορισμό χρήσης του χαρτιού, τα QR codes έγιναν γνωστά σε περισσότερο κόσμο. Τέλος, εν μέσω της πανδημίας, έγιναν γνωστά σε όλους μας, καθώς βρήκαν χρήση σε πολλούς τομείς της καθημερινότητας μας, όπως σε εστιατόρια με μενού χωρίς επαφή.

Πίνακας 2: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της τεχνολογίας QR code

<u>Μειονεκτήματα</u>	<u>Πλεονεκτήματα</u>
Έλλειψη παγκόσμιου προτύπου, με αποτέλεσμα να υπάρχουν ποικίλες προδιαγραφές, μεγέθη και λειτουργίες ανάλογα με τη χρήση και την τοποθεσία.	Κωδικοποίηση σύνθετων πληροφοριών, όπως URLs
Η ενσωματωμένη πληροφορία δεν είναι ορατή από ανθρώπινο μάτι σε αντίθεση με το barcode που σε περίπτωση σφάλματος ανάγνωσης, η ανθρώπινη παρέμβαση είναι αρκετή για την επίλυση του.	Γρήγορη και εύκολη πρόσβαση στη πληροφορία από ποικιλία συσκευών.

Λόγω του απλού σχεδιασμού τους, μπορούν να παραποιηθούν εύκολα από κακόβουλους χρήστες προκειμένου να αποσταλεί κακόβουλο περιεχόμενο.	Αρκετά εύκολα στην δημιουργία τους από διαδικτυακά εργαλεία, γεγονός που τα κάνει προσιτά και για μικρές επιχειρήσεις.
Είναι ευαίσθητο, καθώς μπορεί να αλλοιωθεί από την τριβή, ακόμη να μην είναι αναγνωρίσιμο από τον αναγνώστη, λόγω σκόνης.	Αρκετά οικονομική λύση .

2.4 Τεχνολογία RFID

2.4.1 Περιγραφή Τεχνολογίας RFID

Η τεχνολογία ταυτοποίησης μέσω ραδιοσυχνοτήτων ή αλλιώς Radio Frequency Identification (RFID) αποτελεί επίσης τμήμα της Αυτόματης Αναγνώρισης και Συλλογής Δεδομένων. Έγινε χρήση της για πρώτη φορά στον δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο για τον διαχωρισμό των εχθρικών από τα φιλικά αεροσκάφη.^d Πλέον, γίνεται λόγος για την υιοθέτηση της στην καθημερινή ζωή του ανθρώπου, με ανάλογο τρόπο με αυτόν των προηγούμενων δύο τεχνολογιών, δηλαδή μέσα από τις εμπορικές δραστηριότητες. Παραδείγματα χρήσης στην καθημερινή μας ζωή είναι τα διαβατήρια, τα οποία είναι εξοπλισμένα με RFID chip που περιλαμβάνουν βιομετρικές πληροφορίες για την ταυτοποίηση μας από τις αρχές. Ακόμα ένα παράδειγμα που γίνεται όλο και πιο έντονο, είναι η χρήση της τεχνολογίας στους σταθμούς διοδίων. Στα διόδια υπάρχουν κάποιες ειδικές λωρίδες στις οποίες δεν είναι αναγκαία η ακινητοποίηση του οχήματος, εφόσον είναι τοποθετημένο σε αυτό κάποιας μορφής RFID chip (είτε αυτοκόλλητη, είτε σε κάρτα) που στέλνει πληροφορία σχετικά με την εγκυρότητα της συνδρομής του.

Τα συστήματα RFID βασίζονται στην ιδέα ενός ολοκληρωμένου, μη τροφοδοτούμενου κυκλώματος, το οποίο αντλεί ενέργεια περιστασιακά εξ' αποστάσεως μέσω εκπομπής ραδιοσυχνοτήτων από κάποιοι αποστολέα. Τα συστήματα αυτά λοιπόν αποτελούνται από δύο βασικά μέρη. Τους πομποδέκτες, γνωστοί κυρίως με την ονομασία «ετικέτες RFID» (RFID tags) και τους αναγνώστες (readers). Οι ετικέτες είναι ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα το οποίο είναι εξοπλισμένο με μνήμη, για να αποθηκεύει τα απαραίτητα δεδομένα, και με μια κεραία για να μπορεί να μεταδώσει τα δεδομένα του σε περίπτωση που ενεργοποιηθεί. Αντίστοιχα, οι αναγνώστες (αποστολέας) περιέχουν μια κεραία και μια μονάδα ελέγχου για να αποκτήσουν πρόσβαση στα δεδομένα των ετικετών.

2.4.2 RFID Ετικέτες

Οι RFID ετικέτες διακρίνονται σε τρία είδη με βάση τον τρόπο λειτουργίας τους και σε τρία είδη με βάση το εύρος συχνοτήτων που χρησιμοποιούν για την επικοινωνία τους με τον αναγνώστη^ε. Οι κατηγορίες RFID ετικετών σύμφωνα με τον τρόπο λειτουργίας τους είναι οι ακόλουθες:

2.4.2.1 Κατηγοριοποίηση RFID Ετικετών Βάσει τον Τρόπο Λειτουργίας τους

- **Παθητικές Ετικέτες**

Οι παθητικές ετικέτες (passive tags) έχουν κύκλωμα, το οποίο ενεργοποιείται όταν βρίσκεται σε πεδίο με ραδιοσυχνότητες οπότε και μεταδίδει κάποιο μήνυμα πίσω στον αναγνώστη. Οι ετικέτες αυτές αποτελούν την πιο φθηνή, απλή και ευέλικτη λύση, καθώς δεν χρειάζεται πηγή ενέργειας, με αποτέλεσμα να είναι όσο πιο μικρές γίνεται. Κύριο μειονέκτημα τους αποτελεί η περιορισμένη απόσταση ανάγνωσης σε σχέση με άλλους τύπους ετικετών, όπως είναι οι ενεργητικές ετικέτες. Παρόλο που οι παθητικές ετικέτες μπορούν να λειτουργούν σε διάφορα εύρη συχνοτήτων (LF, HF, UHF), η χρήση τους σε UHF συχνότητες τις καθιστά πιο ευάλωτες σε ανακλάσεις και παρεμβολές που προκαλούν άλλα αντικείμενα ή ηλεκτρονικές συσκευές. Οι ανακλάσεις αυτές, μπορούν να προκαλέσουν προβλήματα ανάγνωσης ή ανακρίβεια στα δεδομένα ανάγνωσης, ειδικά στις UHF συχνότητες. Αντίθετα, οι ετικέτες LF και HF αυτού του είδους είναι πιο ανθεκτικές σε παρεμβολές, ιδιαίτερα κοντά σε υγρά ή μεταλλικές επιφάνειες.

- **Ενεργητικές Ετικέτες**

Οι ενεργητικές ετικέτες είναι εξοπλισμένες με μια πηγή ενέργειας (μπαταρία) ώστε να μπορούν να μεταδώσουν την πληροφορία τους από μόνες τους σε κάποιον αναγνώστη. Κύριο πλεονέκτημα είναι η αξιοπιστία τους και το μεγάλο εύρος απόστασης όπου μπορούν να εκπέμπουν την πληροφορία τους, σε σχέση με τις παθητικές ετικέτες. Ωστόσο έχουν υψηλότερο κόστος και δεν έχουν ευέλικτο μέγεθος λόγω της ανάγκης ενσωμάτωσης μπαταρίας, για αυτό και χρησιμοποιούνται σε ειδικές καταστάσεις, στις οποίες δεν μπορούν να ανταποκριθούν οι παθητικές. Επιπλέον, οι ενεργητικές ετικέτες, ειδικά αυτές που λειτουργούν σε UHF συχνότητες, είναι λιγότερο επιρρεπείς σε ανακλάσεις και παρεμβολές, καθώς η ενσωματωμένη τους πηγή ενέργειας επιτρέπει μεγαλύτερη ισχύ μετάδοσης, γεγονός που βελτιώνει την απόδοση τους σε δύσκολες συνθήκες.

Μια τέτοια περίπτωση θα μπορούσε να είναι η ανάγκη τοποθέτησής τους σε << περίπλοκα υλικά >>, δηλαδή υλικά που επηρεάζουν τα ραδιοκύματα, π.χ. μεταλλικά αντικείμενα ή αντικείμενα με μεγάλες ποσότητες υγρών. Ακόμη μια αντίστοιχη περίπτωση θα αποτελούσε η μετάδοση της τρέχουσας τοποθεσίας αντικειμένων - φορτίων, ή η μεταφορά δεδομένων, όπως η θερμοκρασία σε φορτία, όπου είναι αναγκαία η παροχή τέτοιου είδους (έξτρα) πληροφορίας. Για παράδειγμα φορτία με τρόφιμα ή φορτία με φαρμακευτικό περιεχόμενο, τα οποία χρειάζονται συγκεκριμένες συνθήκες για την διατήρησή τους. Η

δυνατότητα διαίσθησης τέτοιας επιπρόσθετης πληροφορίας είναι δυνατή διότι οι ενεργές RFID ετικέτες μπορούν να ενσωματώσουν στο κύκλωμά τους (σχετικούς) αισθητήρες.

- **Ημί-Παθητικές Ετικέτες**

Οι Ήμι - Παθητικές ετικέτες <<Semi - Passive or BAP (Battery Assisted - Passive) tags>> είναι βασισμένες στην λογική των παθητικών ετικετών. Το κύκλωμα τους αποτελείται από μια κεραία, ένα chip και μια μπαταρία, η οποία δίνει την δυνατότητα μεγαλύτερης απόστασης στην μετάδοση και την ενσωμάτωση αισθητήρων. Ωστόσο, ο ρόλος της μπαταρίας στο κύκλωμα είναι <<βοηθητικός>>, αφού το κύκλωμα περιμένει να λάβει ενέργεια από κάποιον αναγνώστη και στη συνέχεια χρησιμοποιεί την μπαταρία για την ενεργοποίηση του chip και της μνήμης του. Σε σχέση με τις ενεργητικές ετικέτες, οι ημι-παθητικές προσφέρουν μικρότερη απόσταση μετάδοσης, αλλά με χαμηλότερο κόστος και μικρότερη κατανάλωση ενέργειας, καθιστώντας τις πιο αποδοτικές και οικονομικές για εφαρμογές παρακολούθησης σε πραγματικό χρόνο.

Διπλωματική εργασία: Έξυπνο Καλάθι Αγοράς με Προηγμένες Ικανότητες Κοστολόγησης & Ελέγχου Περιεχομένου

Πίνακας 3: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των διαφόρων τύπων RFID ετικετών, βάση τον τρόπο λειτουργίας τους.

<u>Τύπος Ετικέτας</u>	<u>Πλεονεκτήματα</u>	<u>Μειονεκτήματα</u>
Παθητική	Χαμηλότερο κόστος σε σχέση με τα υπόλοιπα είδη ετικετών. Μικρό μέγεθος. Απλή κατασκευή. Δεν απαιτεί ενσωματωμένη πηγή ενέργειας. Χρήση σε αντικείμενα που είναι ευαίσθητα στην ενέργεια. Μεγάλη διάρκεια ζωής.	Περιορισμένη απόσταση ανάγνωσης. Μικρή χωρητικότητα μνήμης. Δεν μπορούν να υποστηρίξει αισθητήρες. Περίπλοκη εγκατάσταση σε συγκεκριμένες περιπτώσεις, ιδιαίτερα σε περιβάλλοντα με μεταλλικά αντικείμενα ή υγρά.

Διπλωματική εργασία: Έξυπνο Καλάθι Αγοράς με Προηγμένες Ικανότητες Κοστολόγησης & Ελέγχου Περιεχομένου

Ενεργητική	Μεγάλη απόσταση ανάγνωσης. Μεγάλη χωρητικότητα μνήμης. Υψηλή ακρίβεια. Επικοινωνία σε πραγματικό χρόνο. Υψηλή αξιοπιστία. Υποστήριξη ενσωμάτωσης αισθητήρων για τη συλλογή και αποστολή δεδομένων.	Υψηλό κόστος. Υψηλή κατανάλωση ενέργειας. Μεγάλο μέγεθος. Περιορισμένη διάρκεια ζωής μπαταρίας. Απαιτείται η συντήρηση της μπαταρίας. Περίπλοκη εγκατάσταση και συντήρηση, λόγω των ενεργειακών απαιτήσεων και της ενσωματωμένης μπαταρίας.
------------	--	---

Διπλωματική εργασία: Έξυπνο Καλάθι Αγοράς με Προηγμένες Ικανότητες Κοστολόγησης & Ελέγχου Περιεχομένου

Ημί – Παθητική	Χαμηλότερο κόστος σε σχέση με τις ενεργητικές ετικέτες. Υψηλή ακρίβεια. Δυνατότητα υποστήριξης αισθητήρων. Μικρότερο μέγεθος σε σχέση με τις ενεργητικές ετικέτες. Μεγαλύτερη διάρκεια ζωής της μπαταρίας σε σχέση με τις ενεργητικές.	Περιορισμένο εύρος ανάγνωσης σε σχέση με τις ενεργητικές ετικέτες. Χαμηλή ταχύτητα ανάγνωσης σε σχέση με τις ενεργητικές ετικέτες. Περιορισμένη μνήμη. Υψηλό κόστος σε σχέση με τις παθητικές ετικέτες, αλλά χαμηλότερο σε σχέση με τις ενεργητικές. Περίπλοκη εγκατάσταση και συντήρηση, αν και λιγότερο περίπλοκη από τις ενεργητικές ετικέτες λόγω της μικρότερης κατανάλωσης.
----------------	---	--

2.4.2.2 Κατηγορίες RFID Ετικετών Βάσει το Εύρος Συχνοτήτων Λειτουργίας

- **Low Frequency (LF)**

Το εύρος συχνοτήτων στο οποίο λειτουργεί το σύστημα αυτό είναι από 30 έως 300 KHz, αλλά οι συχνότητες που έχουν καθιερωθεί είναι 125 - 134 KHz ενώ υποστηρίζεται απόσταση ανάγνωσης έως και 10cm. Λόγω του μικρότερου εύρους συχνοτήτων του συστήματος, η αντίστοιχη ετικέτα ταυτοποίησης μέσω ραδιοσυχνοτήτων λειτουργεί ικανοποιητικά σε αντικείμενα με μεγάλο ποσοστό υγρού, μέσα στο δέρμα και κοντά σε

μεταλλικές επιφάνειες, χωρίς όμως γρήγορες ταχύτητες μετάδοσης της πληροφορίας προς τους αναγνώστες (μικρότερη από 10 Kbit/s).

- **High Frequency (HF)**

Το σύστημα αυτό λειτουργεί σε ένα εύρος συχνοτήτων από 3 έως 30 MHz, αλλά η συχνότητα που έχει καθιερωθεί είναι τα 13.56 MHz ενώ καλύπτεται μια απόσταση ανάγνωσης από 10cm μέχρι και 1 μέτρο. Η ταχύτητα μετάδοσης της πληροφορίας είναι της τάξεως των 424 Kbit/s. Τέτοια συστήματα συνήθως συναντάμε σε εφαρμογές ηλεκτρονικών εισιτηρίων και σε εφαρμογές πληρωμών, όπως ηλεκτρονικά πορτοφόλια. Τεχνολογίες όπως η NFC (Near Field Communication), που είναι πλέον γνωστή σε όλους μας, είναι βασισμένη σε HF RFID συστήματα και χρησιμοποιείται σε πληρωμές μέσω καρτών και σε κάρτες-κλειδιά ξενοδοχείων.

- **Ultra High Frequency (UHF)**

Τα συστήματα αυτά λειτουργούν σε ένα εύρος συχνοτήτων από 300MHz έως 3GHz, αλλά οι συχνότητες που έχουν καθιερωθεί είναι 900 και 915 MHz. Η εμβέλεια ανάγνωσης μπορεί να φτάσει μέχρι και τα 12 μέτρα ενώ και η ταχύτητα μετάδοσης της πληροφορίας μπορεί να κυμαίνεται από 40kbps έως 640kbps, ανάλογα με το πρωτόκολλο επικοινωνίας και τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Ωστόσο, οι παθητικές UHF ετικέτες εμφανίζουν μεγαλύτερη ευαισθησία σε υλικά, όπως το μέταλλο και τα υγρά, γεγονός που μπορεί να μειώσει την εμβέλεια ή την ακρίβεια ανάγνωσης. Οι ενεργητικές UHF ετικέτες, από την άλλη, λόγω της ενσωματωμένης πηγής ενέργειας, είναι λιγότερο ευαίσθητες στις ανακλάσεις και προσφέρουν πιο αξιόπιστη απόδοση σε τέτοιες περιπτώσεις. Εξαιτίας του μικρού κόστους της κατασκευής τους, η παθητικές UHF ετικέτες χρησιμοποιούνται συχνά στην παρακολούθηση εμπορευμάτων λιανικής, όπου οι αποστάσεις ανάγνωσης κυμαίνονται από 1 έως 3 μέτρα, καλύπτοντας έτσι τις ανάγκες για παρακολούθηση προϊόντων στα ράφια ή κατά τη διάρκεια των διαδικασιών αποστολής/παραλαβής.

Προσπαθώντας να συσχετίσουμε τα διαφορετικά είδη ετικετών ανάμεσα στις 2 βασικές διαστάσεις (τρόπος λειτουργίας & εύρος συχνοτήτων), μπορούν να αναφερθούν τα εξής.

Οι ενεργητικές ετικέτες λειτουργούν συνήθως σε εύρος που ανήκει στα UHF συστήματα, ιδιαίτερα όταν χρειάζεται παρακολούθηση εμπορευμάτων σε μεγάλες αποστάσεις, όπως σε βιομηχανικές ή μεταφορικές εφαρμογές. Στη λιανική παρακολούθηση χρησιμοποιούνται σπάνια, λόγω του υψηλού κόστους και της αυξημένης ισχύος που καταναλώνουν. Η ενσωματωμένη πηγή ενέργειας τους επιτρέπει να εκπέμπουν ανεξάρτητα και με μεγάλη ισχύ, καθιστώντας τις κατάλληλες για πιο εξειδικευμένες εφαρμογές.

Οι παθητικές ετικέτες χρησιμοποιούν για την επικοινωνία τους συχνότητες LF ή HF, αλλά σε περιπτώσεις που απαιτείται μεγαλύτερη εμβέλεια, όπως στην λιανική παρακολούθηση εμπορευμάτων, χρησιμοποιούνται συχνά παθητικές UHF ετικέτες. Οι παθητικές ετικέτες LF ή HF εξυπηρετούν μικρές αποστάσεις ανάγνωσης όπου η οικονομία και η απλότητά τους αποτελούν σημαντικούς παράγοντες. Αντίστοιχα και οι ημί-παθητικές ετικέτες χρησιμοποιούν συχνότητες LF ή HF, μιας και είναι χρήσιμες σε μικρές αποστάσεις καθώς και

Διπλωματική εργασία: Έξυπνο Καλάθι Αγοράς με Προηγμένες Ικανότητες Κοστολόγησης & Ελέγχου Περιεχομένου

η μπαταρία τους είναι μόνο για βοηθητικό σκοπό και όχι για την ανεξάρτητη λειτουργία τους και σε μεγαλύτερη ισχύ.[ΚΚ17]

Πίνακας 4: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των διαφόρων τύπων RFID ετικετών, βάση την συχνότητα λειτουργίας τους.

<u>Τύπος Ετικέτας</u>	<u>Πλεονεκτήματα</u>	<u>Μειονεκτήματα</u>
Low Frequency	Μεγάλη ανθεκτικότητα σε παρεμβολές και δυνατότητα λειτουργίας σε μεταλλικά περιβάλλοντα. Κατάλληλες για εφαρμογές που απαιτούν κοντινή ανάγνωση ετικετών. Χαμηλό κόστος.	Μικρή απόσταση ανάγνωσης. Χαμηλότερη ταχύτητα ανάγνωσης – εγγραφής. Περιορισμένη μνήμη και δυνατότητες αποθήκευσης δεδομένων. Περίπλοκη εγκατάσταση σε μεταλλικά περιβάλλοντα με πολλές ηλεκτρονικές συσκευές ή παρεμβολές.

Διπλωματική εργασία: Έξυπνο Καλάθι Αγοράς με Προηγμένες Ικανότητες Κοστολόγησης & Ελέγχου Περιεχομένου

High Frequency	Υψηλότερη ταχύτητα ανάγνωσης. Μεγάλη απόσταση ανάγνωσης.	Μικρότερη ανθεκτικότητα σε παρεμβολές και περιβάλλοντα μετάλλων. Υψηλότερο κόστος σε σχέση με τις ετικέτες χαμηλής συχνότητας. Περίπλοκη εγκατάσταση σε περιβάλλοντα με πολλές ηλεκτρονικές συσκευές ή παρεμβολές.
Ultra High Frequency	Μεγάλη απόσταση ανάγνωσης. Υψηλή ταχύτητα ανάγνωσης – εγγραφής. Αποθήκευση μεγάλου όγκου δεδομένων. Παρά το υψηλότερο κόστος σε σχέση με τις LF και HF ετικέτες, θεωρείται αποδοτικό είδος βάσει της αυξημένης ανάγνωσης και της υψηλής ταχύτητας που προσφέρει.	Μικρή ανθεκτικότητα σε παρεμβολές. Περίπλοκη εγκατάσταση και ειδική συντήρηση σε περιβάλλοντα με υψηλές παρεμβολές. Πιθανή αλληλεπίδραση με άλλες ηλεκτρονικές συσκευές.

Πίνακας 5: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της τεχνολογίας RFID

<u>Μειονεκτήματα</u>	<u>Πλεονεκτήματα</u>
Η ασφάλεια είναι ένα σημαντικό θέμα, καθώς είναι εύκολη η υποκλοπή των δεδομένων από τις ετικέτες.	Έχει τη δυνατότητα να εντοπίζει τις ετικέτες από μεγαλύτερες αποστάσεις (ανάλογα βέβαια με το είδος της ετικέτας που χρησιμοποιείται), ακόμα και με την παρεμβολή άλλων αντικειμένων και χωρίς περιορισμούς στην οπτική γωνία του αναγνώστη.
Επηρεασμός σημάτων από συγκεκριμένα υλικά. Τέτοιες περιπτώσεις θα μπορούσε να είναι η παρουσία υγρών, όπου μπορούν να απορροφήσουν το σήμα των ετικετών που λειτουργούν στη συχνότητα UHF ή η τοποθέτηση ετικετών σε μεταλλικές επιφάνειες, οι οποίες προκαλούν απώλειες σημάτων.	Μπορούν να αποθηκεύσουν περισσότερα δεδομένα σε σχέση με άλλες τεχνολογίες αυτόματου προσδιορισμού.
Οι ετικέτες χρειάζονται αρκετό χρόνο ώστε να προγραμματιστούν.	Υπάρχει περισσότερη ευελιξία (για ορισμένα είδη RFID ετικετών) διότι μπορούν να έχουν μεταβλητό μέγεθος – σχήμα.

Η δυνατότητα εισαγωγής δεδομένων από αναγνώστες σε επαναγράψιμες (writable) ετικέτες μπορεί να αυξήσει τον κίνδυνο ασφαλείας, καθώς είναι ευκολότερο να υποκλαπούν ή να αλλοιωθούν δεδομένα.	Υπάρχουν ετικέτες που εκτός από την ανάγνωση επιτρέπουν και την εισαγωγή δεδομένων από τους αναγνώστες, κάτι που προσφέρει μεγαλύτερη ευελιξία στις εφαρμογές του. Ταυτόχρονη ανάγνωση πολλών ετικετών.
	Δυνατότητα παρακολούθησης προϊόντων σε πραγματικό χρόνο.
	Δεν είναι (πάντοτε) απαραίτητη η ανθρώπινη παρέμβαση.

2.5 Είδη Επιθέσεων σε Συστήματα Αυτόματης Αναγνώρισης και Συλλογής Δεδομένων

Τα συστήματα αυτόματης αναγνώρισης και συλλογής δεδομένων (AIDC), όπως το RFID, οι κωδικοί QR και τα Barcodes, έχουν ευρεία χρήση σε πολλούς τομείς, όπως της διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας, την πρόσβαση σε κτίρια και την παρακολούθηση προϊόντων. Ωστόσο η ευρεία χρήση τους τα καθιστά στόχους για επιθέσεις ασφαλείας. Οι επιτιθέμενοι μπορούν να εκμεταλλευτούν τις τεχνολογίες αυτές για να υποκλέψουν πληροφορίες, να διακόψουν τη λειτουργία των συστημάτων ή να διενεργήσουν άλλες κακόβουλες ενέργειες. Παρακάτω παρουσιάζονται οι πιο συνηθισμένοι τύποι επιθέσεων που αφορούν τα συστήματα αυτόματης αναγνώρισης.

Ενδιαμέσου (Man In The Middle - MITM)^f : Πρόκειται για μια επίθεση, όπου ο επιτιθέμενος βρίσκεται ενδιάμεσα στην επικοινωνία μεταξύ ετικετών και αναγνώστων και παρακολουθεί (« κρυφακούει ») ή και αλλοιώνει κάποιο μέρος της επικοινωνίας κατάλληλα. Αυτή η επίθεση μπορεί να πραγματοποιηθεί σε συστήματα αυτόματου προσδιορισμού, όπως το RFID, μέσω μίας κακόβουλης συσκευής, η οποία τοποθετείται σε κατάλληλη θέση ώστε να μπορεί να υποκλέψει, να αποκωδικοποιήσει, ίσως και να τροποποιήσει την πληροφορία από την RFID ετικέτα προς τον αναγνώστη.

Κλωνοποίησης (Cloning)^g :Μία ακόμη τεχνική που εφαρμόζουν οι επιτιθέμενοι για την πρόσβαση σε ένα RFID σύστημα, είναι η κλωνοποίηση αυθεντικών RFID ετικετών, χωρίς να έχουν φυσική επαφή με αυτές. Χρησιμοποιούν RFID αναγνώστες με υψηλές δυνατότητες, που εκπέμπουν σε αρκετά μέτρα, τοποθετώντας τους σε σημεία όπου αντικείμενα ή και άνθρωποι χρησιμοποιούν ετικέτες, ώστε να λαμβάνουν την πληροφορία που περιέχουν αυτές και να την « γράφουν » σε κενές ετικέτες. Με αυτό τον τρόπο κλέβουν την πληροφορία των ετικετών και μπορούν να την χρησιμοποιήσουν για την διενέργεια κακόβουλων πράξεων (π.χ. πλαστοπροσωπία υπαλλήλου εταιρείας).

DoS (Denial Of Service)^h : Όπως πολλά άλλα συστήματα, έτσι και τα συστήματα που χρησιμοποιούν τις παραπάνω τεχνολογίες βρίσκονται πολλές φορές ευάλωτα σε επιθέσεις που έχουν στόχο την αδυναμία εξυπηρέτησης.

Μία τέτοια επίθεση σε ένα RFID σύστημα θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί με τη δημιουργία θορύβου, εμποδίζοντας έτσι την μεταφορά του σήματος και κατά συνέπεια καθιστώντας ανίκανες τις RFID ετικέτες ή μη αναγνώσιμες. Ανάλογη επίθεση μπορεί να πάρει μέρος σε ένα σύστημα που χρησιμοποιεί κώδικες γρήγορης απόκρισης, με την δημιουργία κωδικών που η σάρωση τους οδηγεί σε αυξημένη κίνηση του δικτύου και συνεπώς αδυναμία ανταπόκρισης. Αυτό θα μπορούσε να συμβεί μέσω αιτημάτων πολλαπλών διακομιστών. Ένας κακόβουλος κώδικας μπορεί να οδηγεί σε πολλαπλές διευθύνσεις (URLs) ή διακομιστές ταυτόχρονα, με αποτέλεσμα να πραγματοποιεί πολλές συνδέσεις, αυξάνοντας την κίνηση στο δίκτυο. Επιπλέον, εφόσον ένας κώδικας μπορεί να συνδέεται με μεγάλο όγκο δεδομένων ή πολυάριθμα αιτήματα για ανακτήσεις πληροφοριών, τότε κάθε σάρωση μπορεί να επιβαρύνει το δίκτυο, δημιουργώντας αυξημένη κίνηση.

Malware Attack : Η δημιουργία « ψεύτικων » QR ή Barcode κωδικών είναι εύκολη, με αποτέλεσμα οι επιτιθέμενοι να αντικαθιστούν με φυσικό τρόπο τους αυθεντικούς κώδικες με ψεύτικους (π.χ. τοποθετώντας ένα νέο αυτοκόλλητο πάνω στο barcode/QR code), οι οποίοι οδηγούν σε κακόβουλες ιστοσελίδες. Από εκεί μπορεί να ξεκινήσει η λήψη κακόβουλου λογισμικού στη συσκευή ανάγνωσης, εφόσον εγκρίνει τη λήψη ο χρήστης ή αυτή πραγματοποιηθεί στο υπόβαθρο εκμεταλλευόμενη κάποια αδυναμία της συσκευής (drive-by download επίθεση).

SQL Injection : Παρόμοια με την παραπάνω επίθεση, ένας κακόβουλος χρήστης έχει την δυνατότητα να δημιουργήσει QR κώδικες, Barcodes ή RFID ετικέτες που μπορεί είτε το URL είτε το αναγνωριστικό αντίστοιχα, να οδηγήσει στην πραγματοποίηση μη εξουσιοδοτημένων ενεργειών στην βάση δεδομένων του συστήματος.

2.6 Σύγκριση και Επιλογή Συστήματος Αυτόματης Αναγνώρισης

Στην υλοποίηση του συστήματος smart shopping cart, η επιλογή της κατάλληλης τεχνολογίας αναγνώρισης παίζει κρίσιμο ρόλο στη λειτουργικότητα και την αποδοτικότητα του έργου. Οι τρεις τεχνολογίες που εξετάζονται για την αναγνώριση προϊόντων είναι οι Barcode, QRCode και RFID. Κάθε μία από αυτές τις τεχνολογίες έχει τα δικά της πλεονεκτήματα και περιορισμούς, και η επιλογή της πιο κατάλληλης τεχνολογίας εξαρτάται από παράγοντες όπως η ταχύτητα, η ασφάλεια, το κόστος και η ευχρηστία.

Η RFID επιλέχθηκε ως η πιο κατάλληλη τεχνολογία για το σύστημά μας, λόγω των πλεονεκτημάτων της στην ταχύτητα ανάγνωσης, την απουσία ανάγκης οπτικής επαφής και τις δυνατότητες ασφάλειας μέσω κρυπτογράφησης. Αντίθετα, οι τεχνολογίες Barcode και QRCode, παρά την ευκολία και το χαμηλό κόστος, δεν προσφέρουν την ίδια ασφάλεια και δυνατότητες για αυτοματοποιημένες και ταχείες διαδικασίες αναγνώρισης σε δυναμικές και πολυάσχολες συνθήκες.

Ακολουθεί μια σύγκριση των τριών τεχνολογιών με βάση τα πιο κρίσιμα κριτήρια για το συγκεκριμένο σύστημα:

Πίνακας 6: Σύγκριση τεχνολογιών αυτόματης αναγνώρισης

Κριτήριο	Barcode	QRCode	RFID
Χωρητικότητα δεδομένων	Χαμηλή	Μέτρια	Υψηλή
Ταχύτητα ανάγνωσης	Χαμηλή (εξαρτάται από την ευθυγράμμιση)	Μέτρια	Πολύ υψηλή (χωρίς οπτική επαφή, άμεση ανάγνωση)
Κόστος	Χαμηλό	Μέτριο	Μέτριο
Αξιοπιστία	Χαμηλή (ευαίσθητο σε φθορές)	Μέτρια (ευαίσθητο σε σκουπίδια και βλάβες)	Πολύ υψηλή (λειτουργεί σε δύσκολες συνθήκες χωρίς οπτική επαφή)
Ασφάλεια	Χαμηλή	Μέτρια	Υψηλή (μπορεί να

Διπλωματική εργασία: Έξυπνο Καλάθι Αγοράς με Προηγμένες Ικανότητες Κοστολόγησης & Ελέγχου Περιεχομένου

			υποστηρίζει κρυπτογράφηση)
Ανάγνωση από απόσταση	Χαμηλή	Μέτρια	Καλή
Ευκολία χρήσης	Πολύ εύκολο και συνηθισμένο	Εύκολο	Πολύ εύκολο, χωρίς ανάγκη ευθυγράμμισης

Από τον πίνακα προκύπτει ότι το RFID υπερτερεί στα περισσότερα κριτήρια, καθώς προσφέρει υψηλή ταχύτητα ανάγνωσης, μεγάλη χωρητικότητα δεδομένων, αξιόπιστη λειτουργία και αυξημένη ασφάλεια μέσω κρυπτογράφησης. Ωστόσο, το κόστος του είναι υψηλότερο σε σύγκριση με το barcode, ενώ το QR Code αποτελεί μια ενδιάμεση λύση με ισορροπημένα χαρακτηριστικά.

2.7 Συσκευές IoT

2.7.1 Εισαγωγή

Στο υποκεφάλαιο αυτό, θα παρουσιαστούν εν συντομία τα τεχνικά χαρακτηριστικά των συσκευών με δυνατότητες IoT, όπως μικροελεγκτές και αναγνώστες RFID, οι οποίοι υπάρχουν στην αγορά και τείνουν να καλύπτουν τις ανάγκες του κυκλώματος που απαιτείται για την ολοκλήρωση της εργασίας. Οι παρακάτω συσκευές έχουν επιλεγεί με βάση τα τεχνικά τους χαρακτηριστικά αλλά και τους οικονομικούς και χρονικούς περιορισμούς της εργασίας. Τέλος, οι παρακάτω συσκευές, όπως προαναφέρθηκε, τείνουν να καλύψουν τις ανάγκες της εργασίας, ωστόσο η επιλογή των τελικών συσκευών θα γίνει αναλυτικά στην Ενότητα 4.4 Ανάπτυξη Του IoT Συστήματος.

2.7.2 Μικροελεγκτές (Micro-Controllers)

Μερικές από τις τεχνολογίες (ουσιαστικά διαφορετικές συσκευές που παράγονται από διαφορετικούς πωλητές) που υπάρχουν στην αγορά και θα μπορούσαν να εξυπηρετήσουν το σημαντικότερο κομμάτι του έργου που πραγματεύεται η τρέχουσα διπλωματική, αυτό της μονάδας επεξεργασίας και συγκέντρωσης των πληροφοριών από τα δεδομένα που παρέχουν οι συσκευές IoT αίσθησης τόσο σε επίπεδο οικονομικό όσο και σε επίπεδο δυνατοτήτων και διαστάσεων, είναι οι παρακάτω.

Raspberry pi Pico W¹



Εικόνα 1: Μικροελεγκτής Raspberry pi Pico W.

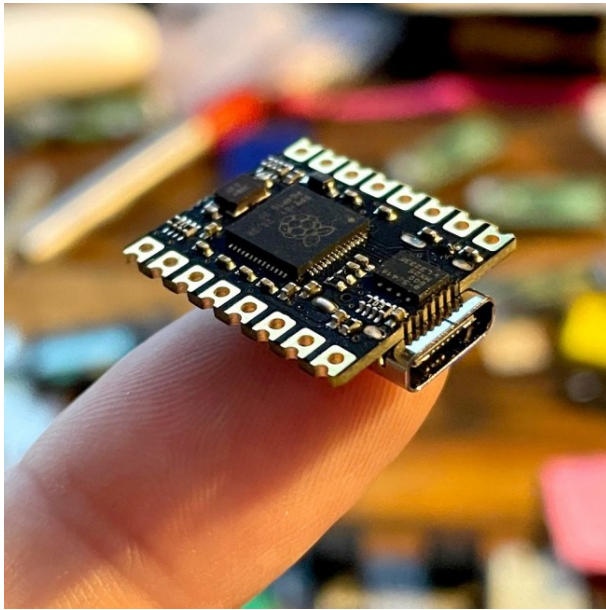
- Διαστάσεις 21mm x 51mm
- Τσιπ μικροελεγκτή RP2040 σχεδιασμένο από την Raspberry Pi στο Ηνωμένο Βασίλειο
- Διπύρηνος επεξεργαστής Arm Cortex-M0+ με ευέλικτο ρολόι που λειτουργεί έως και τα 133MHz
- 264kB ενσωματωμένη SRAM

¹ <https://www.raspberrypi.com/documentation/microcontrollers/pico-series.html#raspberry-pi-pico-w-and-pico-wh>

Διπλωματική εργασία: Έξυπνο Καλάθι Αγοράς με Προηγμένες Ικανότητες Κοστολόγησης & Ελέγχου Περιεχομένου

- 2MB QSPI flash ενσωματωμένη μνήμη
- Ασύρματο LAN 2.4GHz 802.11n
- 26 πολυλειτουργικοί GPIO ακροδέκτες, συμπεριλαμβανομένων τριών αναλογικών εισόδων
- 2 × UART, 2 × SPI, 2 × I2C ελεγκτές, 16 × PWM κανάλια
- 1 × USB 1.1 ελεγκτής και PHY, με host και device υποστήριξη
- 8 × Προγραμματιζόμενες λειτουργίες Εισόδου/Εξόδου (PIO) για προσαρμοσμένη υποστήριξη περιφερειακών
- Υποστηριζόμενη τάση τροφοδοσίας 1.8–5.5V DC
- Θερμοκρασία λειτουργίας -20°C έως +85°C (Raspberry Pi Pico και Pico H); -20°C έως +70°C (Raspberry Pi Pico W και Pico WH)
- Προεξοχές στην πλακέτα που επιτρέπουν την απευθείας κόλληση με πλακέτες φορέων
- Προγραμματισμός με τη μέθοδο της απλής μεταφοράς αρχείων (drag and drop) μέσω USB
- Λειτουργίας χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας και καταστάσεις αδράνειας
- Αισθητήρας θερμοκρασίας
- Ενσωματωμένες βελτιωμένες βιβλιοθήκες ακεραίων και κινητής υποδιαστολής

Tiny 2040²



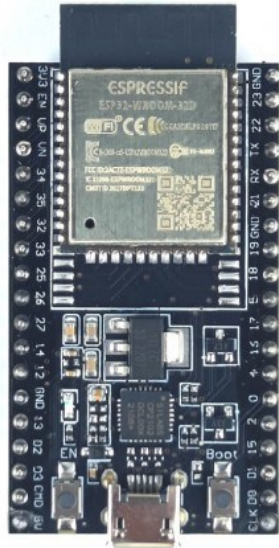
Εικόνα 2: Μικροελεγκτής Tiny2040.

- Σχεδιασμένο από την RP2040
- Επεξεργαστής ARM Cortex M0 που λειτουργεί έως και τα 133Mhz
- 264kB SRAM
- Θύρα USB-C για τροφοδοσία, προγραμματισμό και μεταφορά δεδομένων
- 2MB ή 8MB QSPI μνήμης με υποστήριξη XiP
- Ελεγχόμενο από τον χρήστη RGB LED
- Δώδεκα ακροδέκτες Εισόδου/Εξόδου (Digital I/O Pins) περιλαμβάνοντας τέσσερα κανάλια ADC 12-bit
- Διακόπτης για βασική είσοδο (λειτουργεί επίσης ως επιλογή DFU κατά την εκκίνηση)
- Ενσωματωμένος ρυθμιστής 3V3 (μέγιστη έξοδος ρεύματος του ρυθμιστή 300mA)
- Εύρος τάσης εισόδου 3V - 5.5V
- Διαστάσεις : περίπου 22.9 x 18.2 x 6mm (L x W x H, συμπεριλαμβανομένης της θύρας USB-C)

² <https://nuttx.apache.org/docs/latest/platforms/arm/rp2040/boards/pimoroni-tiny2040/index.html>

- Eagle CAD εξάρτημα

ESP32³



Εικόνα 3: Μικροελεγκτής ESP32.

- Μικροελεγκτής: Tensilica 32-bit με μονοπύρηνο ή δυπύρηνο CPU Xtensa LX6
- Τάση λειτουργίας : 3.3V
- Τάση εισόδου: 7-12V
- Ψηφιακή ακροδέκτες εισόδου/εξόδου (Digital I/O Pins): 25
- Αναλογικοί ακροδέκτες εισόδου (Analog Input Pins): 6
- Αναλογικοί ακροδέκτες εξόδους (Analog Outputs Pins): 2
- UARTs: 3
- SPIs: 2
- I2Cs: 3

³ <https://docs.arduino.cc/hardware/nano-esp32/>

Διπλωματική εργασία: Έξυπνο Καλάθι Αγοράς με Προηγμένες Ικανότητες Κοστολόγησης & Ελέγχου Περιεχομένου

- Μνήμη Flash: 4 MB
- Μνήμη SRAM: 520 KB
- Ταχύτητα ρολογιού : 240 Mhz
- Wi-Fi: IEEE 802.11 b/g/n/e/i:
- Ενσωματωμένος διακόπτης TR, balun, LNA, ενισχυτής ισχύος και δίκτυο προσαρμογής
- Αυθεντικοποίηση WEP ή WPA/WPA2, ή ανοικτά δίκτυα
- Διαστάσεις: 51.5x29x5mm

ESP8266⁴



Εικόνα 4: Μικροελεγκτής ESP8266.

- Μικροελεγκτής : Tensilica 32-bit RISC CPU Xtensa LX106
- Τάση Λειτουργίας : 3.3V
- Τάση Εισόδου : 7-12V

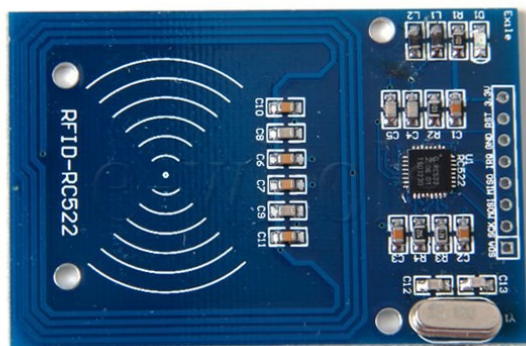
⁴ <https://handsontec.com/dataspecs/module/esp8266-V13.pdf>

- Ψηφιακά πόρτες εισόδου/εξόδου (Digital Input/OutPut Pins): 16
- Αναλογικές πόρτες εισόδου: 1
- UARTs: 1
- SPIs: 1
- I2Cs: 1
- Μνήμη flash: 4 MB
- Μνήμη SRAM: 64 KB
- Ταχύτητα ρολογιού: 80 MHz
- Ενσωματωμένο USB-TTL βασισμένο στο CP2102, δυνατότητα Plug n Play
- PCB κεραία
- Μικρού μεγέθους μονάδα για να ταιριάζει σε IoT έργα

2.7.3 RFID Αναγνώστες

Από τις πιο βασικές συσκευές αίσθησης του κυκλώματος της εργασίας είναι η συσκευή RFID ανάγνωσης, ώστε το καλάθι του πελάτη να μπορεί να αναγνωρίσει τα αντικείμενα που επιλέγει ο πελάτης. Παρακάτω θα αναφερθούν τα τεχνικά χαρακτηριστικά ορισμένων RFID αναγνωστών, οι οποίοι θα μπορούσαν να εξυπηρετήσουν το συγκεκριμένο κομμάτι της εργασίας, με βάση την απόσταση ανάγνωσης, την ευκολία χρήσης τους και τα περιθώρια βελτίωσής τους.

RFID RC-522⁵



Εικόνα 5: Αναγνώστης RFID RC-522.

- Ρεύμα λειτουργίας :13-26mA/DC στα 3.3V
- Ρεύμα αναμονής:10-13mA/DC 3.3V
- Ρεύμα αδράνειας : <80uA
- Μέγιστο ρεύμα <30mA
- Συχνότητα λειτουργίας: 13.56MHz
- Υποστηριζόμενοι τύποι καρτών : mifare1 S50, mifare1 S70 MIFARE Ultralight, mifare Pro, MIFARE DESFire
- Φυσικά χαρακτηριστικά προϊόντος: διαστάσεις: 40mm×60mm
- Θερμοκρασία λειτουργίας: -20-80 degrees Celsius
- Θερμοκρασία αποθήκευσης: -40-85 degrees Celsius
- Σχετική Υγρασία: 5% -95%
- Διεπαφές της πλακέτας: Παράμετροι SPI

⁵ <https://github.com/miguelbalboa/rfid>

- Ρυθμός μεταφοράς δεδομένων: Μέγιστο 10Mbit/s

PN532⁶



Εικόνα 6: Αναγνώστης RFID PN532.

- Πυρήνας 80C51 μικροελεγκτή με 40 Kbyte ROM και 1 Kbyte RAM
- Ενσωματωμένοι οδηγοί εξόδου με buffer για σύνδεση μιας κεραίας με ελάχιστα εξωτερικά εξαρτήματα.
- Ενσωματωμένος ανιχνευτής επιπέδου RF.
- Ενσωματωμένος ανιχνευτής λειτουργίας δεδομένων.
- Υποστήριξη λειτουργίας ανάγνωσης/ εγγραφής [MIFARE 1k, 4k, Ultra light, και DESFIRE κάρτες, ISO/IEC 14443-4 κάρτες όπως CD97BX, CD light, DESFIRE, P5CN072 (SMX), INNOVISION Jewel cards such as IRT5001 card, FELICA cards such as RCS_860 and RCS_854]
- Ενσωματωμένη κεραία PCB με απόσταση επικοινωνίας 5cm έως 7cm
- Υποστήριξη υψηλότερων ταχυτήτων επικοινωνίας MIFIRE στα 212Kbits/s και 424 Kbits/s

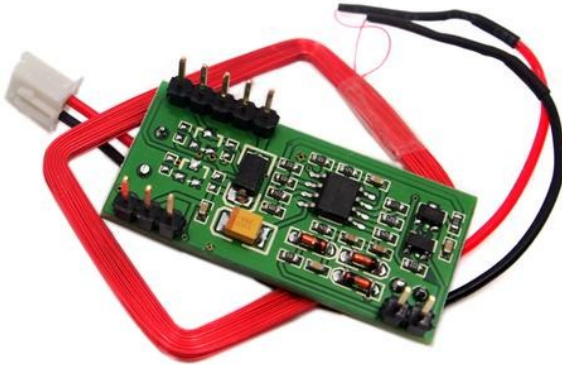
6

https://www.elechouse.com/elechouse/images/product/PN532_module_V3/PN532_%20Manual_V3.pdf

Διπλωματική εργασία: Έξυπνο Καλάθι Αγοράς με Προηγμένες Ικανότητες Κοστολόγησης & Ελέγχου Περιεχομένου

-
- Υποστηριζόμενες δυνατότητες επικοινωνίας με τον κεντρικό υπολογιστή: SPI διαπαφή, I2C διαπαφή και υψηλής ταχύτητας σειριακό UART
 - Ευέλικτη δυνατότητα διακοπής χρησιμοποιώντας τον ακροδέκτη IRQ
 - Hard reset με λειτουργία χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας
 - Λειτουργία απενεργοποίησης με τη χρήση ενσωματωμένου λογισμικού
 - Αυτόματη αφύπνιση στις δειπαφές HSU, I2C και SPI όταν η συσκευή βρίσκεται σε ανενεργή λειτουργία
 - Προγραμματιζόμενος χρονοδιακόπτης
 - Ασύρματη επικοινωνία στα 13.56MHz
 - Ενσωματωμένος αναβαθμιστής, επιπέδου 5V TTL για I2C και UART, 3.3V TTL SPI
 - Λειτουργία ως αναγνώστης και συγγραφέας RFID
 - Λειτουργία ως RFID κάρτας ή εικονικής κάρτας
 - Τάση λειτουργίας: +2.7V έως +5.5V
 - Λειτουργία χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας : Λειτουργία σκληρής απενεργοποίησης (1μΑ), λειτουργία ομαλής απενεργοποίησης (22μΑ)
 - Θερμοκρασία λειτουργίας: -30°C to +85°C

RDM3600⁷



Εικόνα 7: Αναγνώστης RFID RDM3600.

- Συχνότητα λειτουργίας: 125 kHz
- Ρυθμός Baud: 9600
- Διεπαφή: Επίπεδο TTL με μορφή RS232
- Τάση λειτουργίας: 5Vdc(+/-5%)
- Ρεύμα λειτουργίας: <50mA.
- Απόσταση λήψης: 20~50mm.
- Θερμοκρασία λειτουργίας: -10°C~+70°C.
- Σχετική υγρασία : 0~95%.
- Κεραία σύνδεσης : 46x33x3mm.
- Μέγεθος PCB αναγνώστη: 38×18 mm.

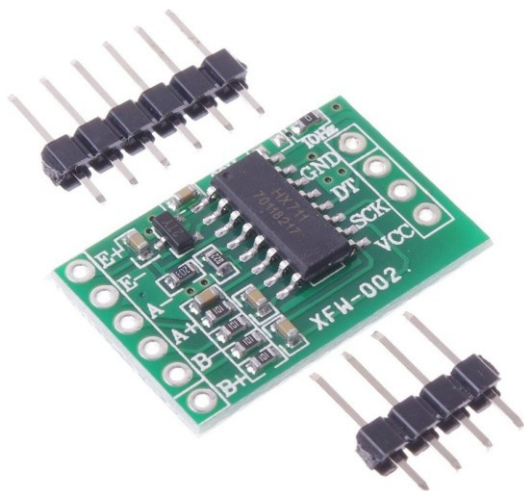
⁷ <https://elty.pl/upload/download/RFID/RDM630-Spec.pdf>

2.7.4 Αισθητήρες Βάρους και Οθόνες Ενδείξεων

Οι αισθητήρες φορτίου και οι οθόνες ενδείξεων παίζουν σημαντικό ρόλο στις εφαρμογές που σχετίζονται με την ανίχνευση και την απεικόνιση δεδομένων. Στην παρούσα εργασία, χρησιμοποιούνται ειδικοί αισθητήρες μέτρησης για την ακριβή ανάλυση και απεικόνιση της μέτρησης του βάρους, προκειμένου να παρουσιάζονται τα δεδομένα που αντλούνται από το σύστημα σε πραγματικό χρόνο.

Οι ενισχυτές φορτίου, όπως ο HX711-HR0223, καθώς και τα κελιά φορτίου, όπως το Haitonic HR0399-10 Scale Load Cell, είναι ιδανικά για εφαρμογές ζυγοστάθμισης και δυναμικών μετρήσεων. Οι αισθητήρες αυτοί μπορούν να ενσωματωθούν εύκολα με μικροελεγκτές για να συλλέγουν τα δεδομένα μέτρησης. Επιπρόσθετα, η οθόνη LCD 1602 με θύρα I2C παρέχει μια πρακτική λύση για την απεικόνιση των δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, διευκολύνοντας τη διεπαφή χρήστη με το σύστημα. Η θύρα I2C που διαθέτει η οθόνη, επιτρέπει την εύκολη ενσωμάτωση της σε περιβάλλοντα μικροελεγκτών με περιορισμένους ακροδέκτες (pins), ενώ η σαφής απεικόνιση των δεδομένων κάνει το σύστημα πιο λειτουργικό και αποτελεσματικό.

HX711 - HR0223⁸



Εικόνα 8: Ενισχυτής φορτίου HX711 - HR0223.

⁸ https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/ForceFlex/hx711_english.pdf

Διπλωματική εργασία: Έξυπνο Καλάθι Αγοράς με Προηγμένες Ικανότητες Κοστολόγησης & Ελέγχου Περιεχομένου

- Υψηλής ακρίβειας μέτρηση βάρους με δυνατότητα κλιμάκωσης
- Αρχιτεκτονική : διπλού καναλιού με ενσωματωμένο A/D converter
- Τάση λειτουργίας : 2.6V έως 5.5V
- Θερμοκρασία λειτουργίας : -40°C έως +85°C
- Δυνατότητα επικοινωνίας με μικροελεγκτές μέσω UART ή SPI πρωτοκόλλων
- Δυνατότητα ρύθμισης gain: 32x, 64x ή 128x
- Πολύ χαμηλή κατανάλωση ενέργειας

Haitronic HR0399-10 Scale Load Cell⁹

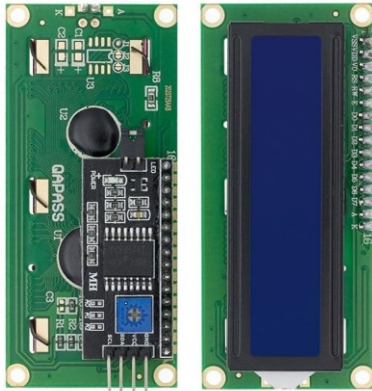


Εικόνα 9: Αισθητήρας βάρους Haitronic HR0399-10.

- Ικανότητα μέτρησης: 10 κιλά
- Εύρος τάσης λειτουργίας: 5 - 12 V
- Ακρίβεια: Παρέχει υψηλή ακρίβεια στις μετρήσεις, με ελάχιστη διακύμανση κατά τη διάρκεια της χρήσης

⁹ https://www.haitronic.cn/index.php?route=product/product&product_id=731

LCD1602 με διεπαφή I2C¹⁰



Εικόνα 10: Οθόνη LCD1602.

- Τύπος Οθόνης: Οθόνη χαρακτήρων 16x2 (1602), που εμφανίζει δύο γραμμές με 16 χαρακτήρες η κάθε μία.
- Διεπαφή: I2C, που απλοποιεί τη σύνδεση με μικροελεγκτές καθώς απαιτεί μόνο τέσσερις ακροδέκτες (VCC,GND,SDA,SCL).
- Τάση Λειτουργίας: 5V (μερικές εκδόσεις υποστηρίζουν και 3.3V).
- Διεύθυνση I2C: Η προεπιλεγμένη διεύθυνση είναι συνήθως 0x27 ή 0x3F (μπορεί να ρυθμιστεί μέσω jumpers).
- Οπίσθιος Φωτισμός: Ρυθμιζόμενος LED οπίσθιος φωτισμός με δυνατότητα ενεργοποίησης/απενεργοποίησης.
- Έλεγχος Αντίθεσης: Μέσω ποτενσιόμετρου.
- Διαστάσεις: 80mm x 36mm 12mm.
- Θερμοκρασία λειτουργίας : -20°C έως +70°C.

¹⁰ <https://www.makerstore.com.au/product/mb-elc-disp-lcd-1602-i2c-b/>

- Κατανάλωση ενέργειας: 1-2mA χωρίς οπίσθιο φωτισμό, έως 20mA με ενεργοποιημένο οπίσθιο φωτισμό.

2.8 Πρωτόκολλα Επικοινωνίας

2.8.1 SPI (Serial Peripheral Interface)ⁱ

Το SPI αποτελεί ένα πρωτόκολλο σειριακής σύγχρονης επικοινωνίας. Αυτό το πρωτόκολλο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την επικοινωνία πολλών μικροελεγκτών με τους RFID αναγνώστες, καθώς και για την επικοινωνία με διάφορους αισθητήρες βάρους. Η επικοινωνία των συσκευών με SPI γίνεται μέσω συνδεσμολογίας Master – Slave. Σε μια Master – Slave συνδεσμολογία, η συσκευή Master είναι αυτή που ξεκινάει την επικοινωνία και ορίζει τις παραμέτρους της καθώς και παρέχει το ρολόι για τον συγχρονισμό των συσκευών. Σε μια τέτοια επικοινωνία και οι δύο συσκευές ανταλλάσσουν δεδομένα.

Στην SPI επικοινωνία μπορούν να συμμετέχουν εν γένει ως Master και ως Slave παραπάνω από μία συσκευές, αλλά συνηθίζεται να υπάρχει μια συσκευή Master και πολλαπλές Slave. Το πρωτόκολλο χρησιμοποιεί δύο σήματα ελέγχου (SS και SCLK) και δύο σήματα δεδομένων (MOSI και MISO). Από τα σήματα ελέγχου, με το σήμα SS (Slave Select) η συσκευή Master επιλέγει την συσκευή Slave με την οποία θα ανταλλάξει δεδομένα. Ενώ το SCLK (Serial Clock) σήμα παράγεται από τη συσκευή Master για τον συγχρονισμό της μεταφοράς των δεδομένων. Από τα σήματα δεδομένων, το σήμα Master Output Slave Input (MOSI) μεταφέρει δεδομένα από την συσκευή Master στην συσκευή Slave. Αντίστοιχα, το Master Input Slave Output (MISO) μεταφέρει δεδομένα από την συσκευή Slave στην συσκευή Master. Τέλος, μια επικοινωνία, ανεξάρτητα του αριθμού των συσκευών, γίνεται πάντα αποκλειστικά μεταξύ μίας συσκευής Master και μίας συσκευής Slave.

2.8.2 I2C (Inter – Integrated Circuit)ⁱ

Το I2C είναι ένα σειριακό πρωτόκολλο που επιτρέπει την επικοινωνία μίας κεντρικής συσκευής Master και μίας ή περισσότερων συσκευών Slaves. Το I2C λειτουργεί με δύο γραμμές επικοινωνίας: μια για τη μεταφορά δεδομένων Serial Data (SDA) και μια για τον συγχρονισμό Serial Clock (SCL).

Το πρωτόκολλο επιτρέπει τη σύνδεση πολλών εξαρτημάτων με μια σειρά (bus) όπου ο χρήστης μπορεί να επιλέγει ποιο εξάρτημα θα επικοινωνήσει κάθε στιγμή, είτε με το πάτημα ενός κουμπιού ή την επιλογή από κάποιο μενού. Οι συσκευές στο I2C συνήθως διαθέτουν έναν μοναδικό αριθμό αναγνώρισης (address) για να διαχωρίζονται μεταξύ τους. Οι μεταδώσεις και οι λήψεις των δεδομένων γίνονται σε πακέτα με σταθερό μέγεθος που αποτελούνται από ένα byte διεύθυνσης και ένα ή περισσότερα byte δεδομένων.

Το I2C χρησιμοποιείται συχνά σε συστήματα και εφαρμογές που απαιτούν επικοινωνία μεταξύ πολλών διαφορετικών συσκευών, όπως αισθητήρες, μνήμες, οθόνες LCD, ενσωματωμένα συστήματα ελέγχου και περιφερειακά. Η χαμηλή ταχύτητα μετάδοσης δεδομένων και το μικρό μέγεθος των πακέτων δεδομένων του I2C καθιστούν αυτό το πρωτόκολλο ιδανικό για εφαρμογές που απαιτούν χαμηλή κατανάλωση ισχύος και αξιοπιστία στη μετάδοση δεδομένων.

Στην περίπτωση του συστήματος που πρόκειται να αναπτυχθεί, το πρωτόκολλο I2C χρησιμοποιείται για την επικοινωνία με συσκευές χαμηλής απαίτησης σε δεδομένα, όπως είναι η οθόνη. Αυτό σημαίνει πως οι χαμηλές ταχύτητες μετάδοσης του I2C δεν αποτελούν πρόβλημα για αυτή την εφαρμογή, αφού δεν χρειάζεται μεγάλες ποσότητες δεδομένων για την ενημέρωση της. Επιπλέον, επωφελείται από την χαμηλή κατανάλωση ενέργειας που προσφέρει το I2C, γεγονός που είναι σημαντικό σε ενσωματωμένα συστήματα με περιορισμένη τροφοδοσία.

2.8.3 UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter)^k

Το UART είναι ένα απλό πρωτόκολλο σειριακής επικοινωνίας που χρησιμοποιεί δύο γραμμές σήματος για τη μετάδοση δεδομένων: τη γραμμή RX (receive) για τη λήψη δεδομένων και τη γραμμή TX (transmit) για τη μετάδοση δεδομένων.

Ο σταθμός που μεταδίδει τα δεδομένα συνδέεται στη γραμμή TX, ενώ ο σταθμός που λαμβάνει τα δεδομένα συνδέεται στη γραμμή RX. Το UART λειτουργεί σε ασύγχρονο καθεστώς επικοινωνίας, δηλαδή δεν υπάρχει κάποιος κεντρικός ρυθμός ρολογιού για τον συγχρονισμό των σταθμών επικοινωνίας. Χρησιμοποιεί ένα σήμα ελέγχου, γνωστό ως “start bit”, για τον συγχρονισμό των δεδομένων. Το start bit ακολουθείται από τα δεδομένα και ένα ή δύο σήματα ελέγχου, γνωστά ως “stop bit(s)”, για να επιβεβαιώσουν την ολοκλήρωση της μετάδοσης.

Το UART είναι ευρέως χρησιμοποιημένο για τη σύνδεση μεταξύ διαφόρων συσκευών, όπως αισθητήρων, GPS Modules και άλλων μικροελεγκτών. Αν και η χρήση του έχει μειωθεί λόγω των πρωτοκόλλων I2C και SPI, εξακολουθεί να είναι προτιμότερο σε περιπτώσεις όπου απαιτείται απλή, αξιόπιστη και οικονομική επικοινωνία. Το UART παρέχει ασύγχρονη επικοινωνία, η οποία δεν απαιτεί συγχρονισμό μεταξύ πομπού-δέκτη και είναι ιδανικό για point-to-point συνδέσεις, όπως αυτές των GPS modules, διευκολύνοντας την εγκατάσταση και την ενσωμάτωση με συσκευές που υποστηρίζουν το πρωτόκολλο αυτό.

2.8.4 Wi-Fi (Wireless-Fidelity)^l

Το Wi-Fi είναι ένα ασύρματο πρωτόκολλο επικοινωνίας που επιτρέπει την ασύρματη σύνδεση συσκευών σε δίκτυα Internet. Στο πλαίσιο του διαδικτύου των πραγμάτων, το Wi-Fi

χρησιμοποιείται για τη σύνδεση και την ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ των συσκευών που ανήκουν στο σύστημα.

Οι συσκευές με δυνατότητες IoT, όπως αισθητήρες, ενσωματωμένες και άλλες έξυπνες συσκευές, μπορούν να συνδεθούν σε ένα ασύρματο δίκτυο Wi-Fi για να ανταλλάσσουν δεδομένα με άλλες συσκευές ή με το Διαδίκτυο. Αυτό τους επιτρέπει να λειτουργούν αποκεντρωμένα και να συλλέγουν, να αποστέλλουν και να λαμβάνουν δεδομένα μέσω του Διαδικτύου.

Το πρωτόκολλο Wi-Fi παρέχει αξιόπιστη ασύρματη επικοινωνία μεταξύ των συσκευών IoT και του δικτύου Wi-Fi. Χρησιμοποιεί το ασύρματο φάσμα ζώνης συχνοτήτων 2.4GHz ή 5 GHz για τη μετάδοση των δεδομένων, ανάλογα με το δίκτυο που έχει διαμορφωθεί. Τέλος, παρέχει τη δυνατότητα για ασφαλή αυθεντικοποίηση και κρυπτογράφηση των δεδομένων που ανταλλάσσονται μεταξύ των συσκευών IoT και του δικτύου Wi-Fi, προσφέροντας έτσι ασφαλή επικοινωνία.

Αν και το Wi-Fi προσφέρει αξιόπιστη ασύρματη επικοινωνία και γρήγορη μεταφορά δεδομένων, υπάρχουν ορισμένα μειονεκτήματα που πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά την επιλογή του για εφαρμογές IoT. Πρώτον, η κατανάλωση ενέργειας, είναι σημαντικά υψηλότερη σε σύγκριση με άλλες τεχνολογίες, όπως το Bluetooth ή το Zigbee, γεγονός που το καθιστά λιγότερο κατάλληλο για συσκευές που λειτουργούν με μπαταρίες και απαιτούν μακρά διάρκεια ζωής. Δεύτερον, η ποιότητα της σύνδεσης μπορεί να επηρεαστεί από το φυσικό περιβάλλον και τις παρεμβολές από άλλες ασύρματες συσκευές, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε μειωμένη απόδοση.

Επιπλέον, παρά τις δυνατότητες κρυπτογράφησης και αυθεντικοποίησης το Wi-Fi μπορεί να είναι ευάλωτο σε επιθέσεις, όπως η υποκλοπή δεδομένων ή η μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση στο δίκτυο, αυξάνοντας του κινδύνους ασφάλειας. Τέλος, η εγκατάσταση και η διαχείριση ενός δικτύου Wi-Fi μπορεί να είναι πιο περίπλοκες και δαπανηρές σε σύγκριση με άλλες τεχνολογίες, όπως το LoRaWAN ή το Zigbee, που αντιστοιχούν σε πιο απλές και οικονομικές λύσεις. Για αυτούς τους λόγους, η επιλογή του Wi-Fi ως πρωτοκόλλου επικοινωνίας θα πρέπει να γίνεται με προσοχή, ανάλογα με τις απαιτήσεις των εφαρμογών.

2.8.5 LoRaWan (Long Range Wide Area Network)^{mn}

Το LoRaWAN είναι ένα πρωτόκολλο ασύρματης επικοινωνίας, ειδικά σχεδιασμένο για εφαρμογές IoT που απαιτούν επικοινωνία σε μεγάλες αποστάσεις με χαμηλή κατανάλωση ενέργειας.

Το πρωτόκολλο αυτό λειτουργεί στη ζώνη συχνοτήτων 868 MHz ή 915 MHz και μπορεί να καλύψει αποστάσεις έως και 10-15 χιλιόμετρα σε αγροτικές περιοχές ή έως και 2-5 χιλιόμετρα σε αστικές περιοχές. Υποστηρίζει την επικοινωνία πολλών συσκευών μέσω ενός κεντρικού δικτύου (gateway), γεγονός που το καθιστά ιδανικό για εφαρμογές, όπως η παρακολούθηση περιβαλλοντικών συνθηκών ή τη διαχείριση δικτύων ύδρευσης.

Παρόλο που προσφέρει εξαιρετική κάλυψη, η χαμηλή ταχύτητα μετάδοσης δεδομένων (0.3-50 kbps), το περιορίζει σε εφαρμογές που δεν απαιτούν μεγάλους όγκους δεδομένων.

2.8.6 Zigbee¹¹

Το Zigbee είναι ένα πρωτόκολλο ασύρματης επικοινωνίας που σχεδιάστηκε για εφαρμογές χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας και σύντομης εμβέλειας. Λειτουργεί στη ζώνη συχνοτήτων 2.4 GHz και υποστηρίζει την επικοινωνία πολλών συσκευών σε ένα δίκτυο τύπου πλέγματος (mesh network), επιτρέποντας την επέκταση του δικτύου μέσω αναμεταδοτών.

Χρησιμοποιείται ευρέως σε εφαρμογές έξυπνων σπιτιών, όπως η αυτοματοποίηση φωτισμού, η ασφάλεια και οι αισθητήρες θερμοκρασίας. Η μέγιστη εμβέλεια του είναι περίπου 10-100 μέτρα, ανάλογα με το περιβάλλον και τα εμπόδια. Το πρωτόκολλο αυτό προσφέρει υψηλή αξιοπιστία και χαμηλό κόστος, καθιστώντας το ιδανικό για εφαρμογές όπου η μακροχρόνια λειτουργία είναι κρίσιμη.

2.8.7 HTTP (Hypertext Transfer Protocol)¹²

Το HTTP είναι ένα πρωτόκολλο επικοινωνίας στο επίπεδο εφαρμογής που χρησιμοποιείται για τη μεταφορά δεδομένων στον παγκόσμιο ιστό. Αρχικά αναπτύχθηκε για χρήση από υπολογιστές, αλλά πλέον έχει επεκταθεί και σε μικροελεγκτές.

Η χρήση του σε μικροελεγκτές μπορεί να επιτρέψει τον απομακρυσμένο έλεγχο και παρακολούθηση των συσκευών μέσω του διαδικτύου. Για παράδειγμα, ένας μικροελεγκτής μπορεί να προγραμματιστεί για να στέλνει δεδομένα σε έναν εξυπηρετητή HTTP στον οποίο αυτά θα αποθηκεύονται ή θα επεξεργάζονται. Τα δεδομένα αυτά μπορεί να είναι μετρήσεις αισθητήρων ή καταγραφές της κατάστασης του συστήματος.

Οι επικοινωνίες HTTP αποτελούνται από μηνύματα αιτήματος (HTTP Requests) που στέλνονται από τον πελάτη στο εξυπηρετητή και απαντήσεις (HTTP Response) που επιστρέφονται από τον εξυπηρετητή στον πελάτη.

Πίνακας 7: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των πρωτοκόλλων που προαναφέρθηκαν.

<u>Πρωτόκολλο</u>	<u>Πλεονεκτήματα</u>	<u>Μειονεκτήματα</u>
Serial Peripheral Interface	Υψηλή ταχύτητα επικοινωνίας και απλότητα πρωτοκόλλου. Χρήση λιγότερων ακίδων για τη σύνδεση περιφερειακών συσκευών, οδηγώντας σε χαμηλότερο κόστος και απλούστερη συνδεσμολογία.	Επικοινωνία μεταξύ μόνο δύο συσκευών, χωρίς δυνατότητα πολλών συνδέσεων. Μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας σε σχέση με άλλα πρωτόκολλα, λόγω της συνεχούς επικοινωνίας μεταξύ master και slave. Δεν έχει ενσωματωμένα μέτρα ασφαλείας, πράγμα που σημαίνει ότι η ασφάλεια πρέπει να επιτευχθεί μέσω φυσικών μέτρων ή πρόσθετων πρωτοκόλλων.

Διπλωματική εργασία: Έξυπνο Καλάθι Αγοράς με Προηγμένες Ικανότητες Κοστολόγησης & Ελέγχου Περιεχομένου

Inter-Integrated Circuit	Δυνατότητα σύνδεσης πολλαπλών συσκευών σε ένα δίκτυο, χρησιμοποιώντας λιγότερους ακροδέκτες. Απλότητα καλωδίωσης, καθιστώντας το κατάλληλο για κυκλώματα με περιορισμό διαστάσεων. Υψηλή αξιοπιστία με επικοινωνίες που έχουν εγγυημένη μετάδοση δεδομένων. Εύκολη διευθυνσιοδότηση συσκευών με μοναδικούς αριθμούς αναγνώρισης.	Χαμηλότερη ταχύτητα επικοινωνίας σε σύγκριση με άλλα πρωτόκολλα. Περιορισμένη απόσταση επικοινωνίας, συνήθως μέχρι μερικά μέτρα. Μεγαλύτερος αριθμός κύκλων επανάληψης για τη μετάδοση δεδομένων λόγω των μικρών πακέτων, που μπορεί να επηρεάσει την απόδοση σε εφαρμογές που απαιτούν υψηλή ταχύτητα. Δεν παρέχει εγγενή μέτρα ασφαλείας, οπότε η ασφάλεια θα πρέπει να διασφαλίζεται μέσω άλλων μεθόδων, όπως η κρυπτογράφηση δεδομένων.
---------------------------------	--	---

Διπλωματική εργασία: Έξυπνο Καλάθι Αγοράς με Προηγμένες Ικανότητες Κοστολόγησης & Ελέγχου Περιεχομένου

Universal Asynchronous Receiver/Transmitter	Απλότητα και ευκολία στη χρήση, καθιστώντας το κατάλληλο για απλές εφαρμογές. Αξιόπιστη μεταφορά δεδομένων με χρήση ελέγχου αμφίδρομης επικοινωνίας. Ικανότητα ενσωμάτωσης πρόσθετων μέτρων ασφαλείας, όπως η κρυπτογράφηση, για την προστασία δεδομένων κατά τη μεταφορά.	Χαμηλότερη ταχύτητα επικοινωνίας σε σύγκριση με άλλα πρωτόκολλα. Απαιτεί ξεχωριστούς ακροδέκτες για τη σύνδεση κάθε περιφερειακής συσκευής. Δεν διαθέτει πρωτόκολλα ασφαλείας από προεπιλογή.
Wireless Fidelity	Ασύρματη επικοινωνία, επιτρέποντας ασύρματη σύνδεση στο Διαδίκτυο. Υψηλή ταχύτητα επικοινωνίας και δυνατότητα απομακρυσμένης διαχείρισης και ελέγχου των συσκευών. Υποστήριξη ασφαλών πρωτοκόλλων (π.χ WPA2,	Αυξημένη κατανάλωση ισχύος σε σύγκριση με άλλα πρωτόκολλα επικοινωνίας. Υψηλότερο το κόστος συσκευών διότι πρέπει να έχουν δυνατότητα σύνδεσης μέσω Wi-Fi σε σχέση με άλλα πρωτόκολλα. Αν και παρέχει υποστήριξη για ασφαλή πρωτόκολλα (π.χ WPA2, WPA3), μπορεί να

Διπλωματική εργασία: Έξυπνο Καλάθι Αγοράς με Προηγμένες Ικανότητες Κοστολόγησης & Ελέγχου Περιεχομένου

	WPA3) που προστατεύουν τα δεδομένα κατά τη μετάδοση.	υπάρχουν ευπάθειες λόγω κακής υλοποίησης αυτών των πρωτοκόλλων ή λανθασμένης διαμόρφωσης τους, όπως η χρήση αδύναμων κωδικών πρόσβασης ή η απουσία σωστής κρυπτογράφησης.
LoRaWAN	Μεγάλη εμβέλεια επικοινωνίας (έως 10-15 χιλιόμετρα σε αγροτικές περιοχές). Χαμηλή κατανάλωση ενέργειας. Υποστήριξη επικοινωνίας πολλαπλών συσκευών μέσω ενός κεντρικού gateway.	Χαμηλή ταχύτητα μετάδοσης (0.3-50 kbps), περιορίζοντας τη χρήση του σε εφαρμογές με μικρούς όγκους δεδομένων. Περιορισμένη υποστήριξη για πραγματικού χρόνου εφαρμογές, λόγω του ασύγχρονου σχεδιασμού του. Εξάρτηση από κεντρικά δίκτυα για τη λειτουργία του, απαιτώντας κατάλληλη υποδομή.

Διπλωματική εργασία: Έξυπνο Καλάθι Αγοράς με Προηγμένες Ικανότητες Κοστολόγησης & Ελέγχου Περιεχομένου

Zigbee	Χαμηλή κατανάλωσης ενέργειας. Υποστήριξη δικτύων πλέγματος (mesh networks), επιτρέποντας την επέκταση του δικτύου μέσω αναμεταδοτών.	Περιορισμένη εμβέλεια (10-100 μέτρα, ανάλογα με το περιβάλλον). Περιορισμένη ταχύτητα μετάδοσης δεδομένων σε σύγκριση με πρωτόκολλα όπως το Wi-Fi. Απαιτεί περισσότερη διαμόρφωση και υποστήριξη σε σύγκριση με πιο απλές τεχνολογίες.
Hypertext Transfer Protocol	Ευρέως χρησιμοποιούμενο πρωτόκολλο για την επικοινωνία μεταξύ διακομιστή και πελάτη στο κόσμο του διαδικτύου. Δυνατότητα μεταφοράς δεδομένων σε μορφή κειμένου, εικόνων, ήχου και βίντεο.	Υψηλότερη κατανάλωση πόρων δικτύου, καθώς τα δεδομένα μεταφέρονται με την μορφή ανοικτού κειμένου. Δεν παρέχει ασφάλεια στην επικοινωνία των δεδομένων, εκτός αν χρησιμοποιηθούν πρόσθετα μέτρα ασφαλείας όπως το HTTPS (Hypertext Transfer Protocol Secure), που συνδυάζει το HTTP με το TLS.

Κεφάλαιο 3ο: Παρόμοια Συστήματα

3.1 Εισαγωγή

Η ανάπτυξη και η ενσωμάτωση της τεχνολογίας του διαδικτύου των πραγμάτων (IoT) έχουν επιφέρει σημαντικές αλλαγές σε πολλούς τομείς της καθημερινής ζωής και της επιχειρηματικής δραστηριότητας. Ένας τομέας στον οποίο η τεχνολογία IoT βρίσκει ιδιαίτερα ενδιαφέρουσες εφαρμογές είναι το λιανικό εμπόριο και ειδικά οι αγορές στα καταστήματα τροφίμων και τις υπεραγορές (τα λεγόμενα *super market*). Οι έξυπνες αγορές με τη χρήση έξυπνων καλαθιών και καρτοσιών έχουν αναδειχθεί ως μια καινοτόμα προσέγγιση που στοχεύει στη βελτίωση της εμπειρίας των πελατών, τη μείωση του χρόνου των αγορών και την αποτελεσματικότερη διαχείριση των προμηθειών και της τιμολόγησης.

Το παρόν κεφάλαιο παρουσιάζει μια επισκόπηση των προηγούμενων ερευνών και μελετών που αφορούν την ανάπτυξη έξυπνων καλαθιών με τη χρήση IoT. Αναλύονται συστήματα που έχουν σχεδιαστεί και υλοποιηθεί σε διάφορες χώρες, εστιάζοντας στις τεχνολογίες, τους αισθητήρες και τις μεθόδους που χρησιμοποιούνται για την αναγνώριση των προϊόντων, τον έλεγχο της απόδοσης και την αυτοματοποίηση των διαδικασιών τιμολόγησης. Οι τεχνολογικές απαιτήσεις, οι δυνατότητες και οι προκλήσεις που αναδεικνύονται μέσα από αυτές τις μελέτες αποτέλεσαν το έναυσμα για την υλοποίηση του δικού μας συστήματος.

Η προσέγγισή μας, όπως θα αναλυθεί στη συνέχεια, βασίζεται σε αυτές τις απαιτήσεις αλλά επεκτείνεται περαιτέρω, ενσωματώνοντας βελτιωμένες τεχνολογικές λύσεις και εξειδικευμένα χαρακτηριστικά. Το σύστημα που αναπτύξαμε φιλοδοξεί να ξεπεράσει τους περιορισμούς των προηγούμενων συστημάτων, προσφέροντας αυξημένη ακρίβεια, ευελιξία και καλύτερη εμπειρία χρήστη, παρέχοντας μία πιο ολοκληρωμένη και εξελιγμένη λύση στο πλαίσιο του έξυπνου εμπορίου.

Τέλος, στο κεφάλαιο αυτό θα αναλυθούν παραδείγματα παρόμοιων εργασιών, εστιάζοντας στις τεχνολογίες, τις μεθόδους και τα αποτελέσματά τους. Στη συνέχεια, θα παρουσιαστεί μια σύγκριση των εργασιών αυτών με το σύστημα που αναπτύχθηκε στη παρούσα διπλωματική.

3.2 Παρόμοιες μελέτες

3.2.1 Σχεδίαση Έξυπνου Καλαθιού Αγορών με Χρήση IoT²

Η εργασία των Lalitha κα. (2017) είχε ως στόχο να μειώσει το χρόνο που σπαταλάνε οι πελάτες, για να κάνουν τις αγορές τους στο *super market*, επιτρέποντας παράλληλα στους

εργαζόμενους να αυξήσουν την αποδοτικότητα της γραμμής παραγωγής, μιας και αφιερώνουν περισσότερο χρόνο σε αυτή.

Σύμφωνα με την έρευνα, ο παραπάνω στόχος επιτεύχθηκε με την δημιουργία ενός έξυπνου καλαθιού για super market. Το καλάθι αυτό είναι εξοπλισμένο με ένα κύκλωμα (δείτε Εικόνα 11), το οποίο είναι υπεύθυνο για την αναγνώριση των προϊόντων, την εμφάνιση των στοιχείων τους στον πελάτη, καθώς και τον εντοπισμό λάθους, σε περίπτωση που δεν έχει αναγνωριστεί κάποιο προϊόν που έχει εισαχθεί στο καλάθι.

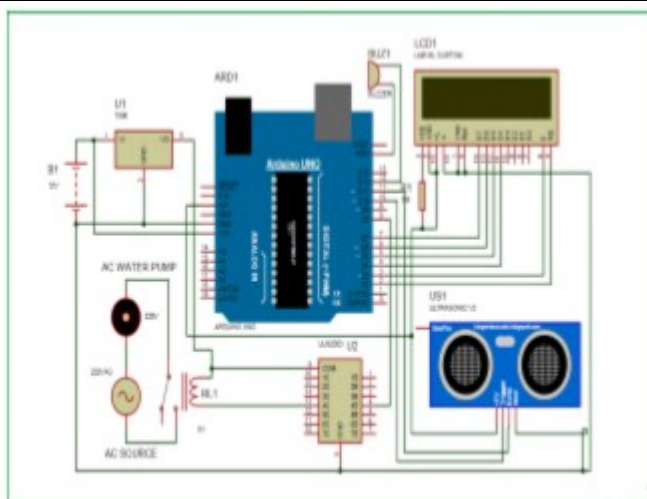
Για την αναγνώριση των προϊόντων γίνεται η χρήση ενός αναγνώστη γραμμωτού κώδικα, ο οποίος αναγνωρίζει τα προϊόντα που επιθυμεί ο χρήστης να εισάγει στο καλάθι του, καθώς επίσης και ενός αισθητήρα απόστασης, ο οποίος μετράει την απόσταση μεταξύ του προϊόντος και του αναγνώστη, ώστε να τον ενεργοποιεί.

Επειδή, υπάρχουν πιθανότητες να γίνει κάποιο λάθος κατά την αναγνώριση ενός προϊόντος, το καλάθι είναι εξοπλισμένο με έναν αισθητήρα βάρους, έτσι ώστε να συγκρίνεται το πραγματικό βάρος τους καλαθιού με αυτό των αντικειμένων που έχει εντοπίσει ο αναγνώστης.

Η επεξεργασία όλων των δεδομένων που συλλέγουν οι παραπάνω αισθητήρες, γίνεται με την χρήση ενός μικροελεγκτή Arduino σε συνεργασία με μία πρόσθετη μονάδα Wi-Fi. Αυτή η μονάδα επεξεργασίας (δηλ. ο μικροελεγκτής) θα λαμβάνει τα δεδομένα από τον αναγνώστη και μέσω της μονάδας Wi-Fi θα αναζητεί σε μια βάση δεδομένων τις πληροφορίες που χρειάζονται για το προϊόν και θα τις εκτυπώνει προς τον χρήστη με μια LCD συσκευή εξόδου.

Πίνακας 8: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα μελέτης "Σχεδίαση Έξυπνου Καλαθιού Αγορών με Χρήση IoT".

<u>Πλεονεκτήματα</u>	<u>Μειονεκτήματα</u>
Βελτίωση χρόνου αναμονής.	Απουσία αναφοράς στον τομέα της ασφάλειας.
Μείωση κόστους με την αυτοματοποίηση διαδικασιών (λιγότερο προσωπικό).	Αξιοπιστία αναγνωριστικών: Η χρήση του αναγνώστη barcode μπορεί να είναι αναποτελεσματική αν οι κωδικοί είναι φθαρμένοι ή παραποιημένοι.
Παρακολούθηση κόστους καλαθιού από τον πελάτη σε πραγματικό χρόνο.	Χαμηλή Επεξεργαστική Ικανότητα του μικροελεγκτή που χρησιμοποιείται.
	Εξαναγκασμός του πελάτη να σκανάρει κάθε προϊόν (αυτό αφορά τη δουλειά ταμεία).



Εικόνα 11: Διάγραμμα κυκλώματος μελέτης “Σχεδίαση Έξυπνου Καλαθιού Αγορών με Χρήση IoT”.

3.2.2 Έξυπνο Καρότσι για Έξυπνες Αγορές με Προηγμένο Σύστημα Τιμολόγησης με Χρήση IoT^a

Το ερευνητικό έργο των Shankar κα. (2021) περιγράφει ένα σύστημα « έξυπνου καροτσιού » για τις αγορές, το οποίο χρησιμοποιεί προηγμένες τεχνολογίες διαδικτύου των πραγμάτων (IoT) και συστήματα τιμολόγησης. Το σύστημα αυτό επιτρέπει στους καταναλωτές να κάνουν έξυπνες αγορές με τη χρήση ενός καροτσιού που είναι συνδεδεμένο στο διαδίκτυο και διαθέτει λειτουργίες, όπως αυτόματη αναγνώριση των προϊόντων που τοποθετούνται μέσα στο καρότσι, αυτόματη προσθήκη του κόστους των προϊόντων από ένα σύστημα τιμολόγησης και επικοινωνία μεταξύ των καροτσιών του καταστήματος για την ανταλλαγή δεδομένων.

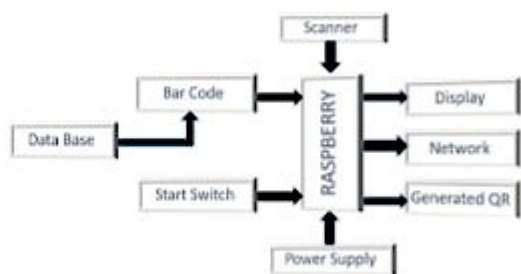
Για την υλοποίηση του συστήματος χρησιμοποιούνται συσκευές με δυνατότητες IoT, όπως αναγνώστης γραμμωτού κώδικα για την αναγνώριση των αντικειμένων που εισάγονται στο καρότσι, καθώς και αισθητήρας βάρους για τον εντοπισμό λάθους σε περίπτωση αποτυχίας αναγνώρισης ενός προϊόντος (δείτε Εικόνα 12).

Για το κυριότερο μέρος του συστήματος, αυτό της μονάδα επεξεργασίας των δεδομένων από τους αισθητήρες, χρησιμοποιείται ένα Raspberry pi, το οποίο σε συνδυασμό με μια LCD οθόνη αφής, προσφέρει επίσης δυνατότητες, όπως την σύνδεση με άλλα καρότσια, την ανταλλαγή της λίστας αγορών τους και την αναζήτηση προσφορών.

Διπλωματική εργασία: Έξυπνο Καλάθι Αγοράς με Προηγμένες Ικανότητες Κοστολόγησης &
Ελέγχου Περιεχομένου

Πίνακας 9: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα μελέτης “Έξυπνο Καρότσι για Έξυπνες Αγορές με Προηγμένο Σύστημα Τιμολόγησης με Χρήση IoT”.

<u>Πλεονεκτήματα</u>	<u>Μειονεκτήματα</u>
Βελτίωση χρόνου αναμονής.	Απουσία αναφοράς στον τομέα της ασφάλειας.
Μείωση κόστους με την αυτοματοποίηση των διαδικασιών (λιγότερο προσωπικό).	Το κόστος υλοποίησης του συστήματος είναι αρκετά υψηλό (Raspberry Pi, LCD οθόνη αφής).
Σύνδεση των καλαθιών του καταστήματος για αλληλεπίδραση μεταξύ των χρηστών.	Πιθανά λάθη στην αναγνώριση προϊόντων, λόγω φθοράς ή κακόβουλης ενέργειας στα barcodes.
Απομακρυσμένη πρόσβαση δεδομένων του χρήστη.	Εξαναγκασμός του πελάτη να σκανάρει κάθε προϊόν (αυτό αφορά δουλειά ταμεία).
	Υψηλός βαθμός δυσκολίας στην διαδικασία αφαίρεσης προϊόντος από το καλάθι (αφαίρεση χειροκίνητα μέσω της οθόνης αφής).



Εικόνα 12: Διάγραμμα μοντέλου μελέτης “Έξυπνο Καρότσι για Έξυπνες Αγορές με Προηγμένο Σύστημα Τιμολόγησης με Χρήση IoT”.

3.2.3 Η Ανάπτυξη του Έξυπνου Καλαθιού IoT: Σύγκριση Απόδοσης Μεταξύ Συστήματος Edge Computing και Cloud Computing[†]

Η μελέτη των Waranuagraha και Suryanegara (2021) συγκρίνει την απόδοση των συστημάτων με αρχιτεκτονική υπολογιστικής ακμών δικτύου (edge computing) και με αρχιτεκτονική υπολογιστικού νέφους (cloud computing) στο πλαίσιο ανάπτυξης ενός έξυπνου καλαθιού.

Συγκεκριμένα το, άρθρο εξετάζει τη δυνατότητα χρήσης της υπολογιστικής ακμών για την επεξεργασία των δεδομένων που συλλέγονται από το έξυπνο καλάθι, αντί για την αποστολή αυτών των δεδομένων στο νέφος προς επεξεργασία. Το άρθρο περιγράφει την υλοποίηση του συστήματος και με τις δύο αρχιτεκτονικές.

Η σύγκριση των δύο συστημάτων βασίζεται σε παραμέτρους, όπως η κατανάλωση ενέργειας, η χρονική καθυστέρηση, η αξιοπιστία και η απόδοση. Το άρθρο καταλήγει ότι η χρήση της υπολογιστικής ακμών για την επεξεργασία δεδομένων από το έξυπνο καλάθι είναι πιο αποτελεσματική σε σχέση με την υπολογιστική νέφους, καθώς προσφέρει καλύτερη απόδοση και μειώνει την καθυστέρηση στην ανταπόκριση του συστήματος.

Σε κάθε περίπτωση από τις δύο, το σύστημα IoT αποτελείται από ένα Raspberry Pi 4 και μια κάμερα υψηλής ανάλυσης για τη λήψη εικόνων των αντικειμένων που υπάρχουν στο καλάθι. Στην περίπτωση της υπολογιστικής ακμών, η διαδικασία αναγνώρισης αντικειμένων (δείτε Εικόνα 13) γίνεται απευθείας στην συσκευή που αποτελεί την κεντρική μονάδα επεξεργασίας (Raspberry Pi), ενώ στην περίπτωση της υπολογιστικής νέφους τα δεδομένα αποστέλλονται σε και αναλύονται από εξειδικευμένους υπολογιστικούς πόρους.

Πίνακας 10: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα μελέτης “Η Ανάπτυξη του Έξυπνου Καλαθιού IoT : Σύγκριση Απόδοσης Μεταξύ Συστήματος Edge Computing και Cloud Computing”.

<u>Πλεονεκτήματα</u>	<u>Μειονεκτήματα</u>
Βελτίωση χρόνου αναμονής.	Απουσία αναφοράς στον τομέα της ασφάλειας.
Μείωση κόστους με την αυτοματοποίηση των διαδικασιών (λιγότερο προσωπικό).	Το κόστος υλοποίησης του συστήματος είναι αρκετά υψηλό (Raspberry Pi, Υψηλής ανάλυσης κάμερα).
	Απουσία ελέγχου σε περίπτωση λανθασμένης αναγνώρισης προϊόντος.

Διπλωματική εργασία: Έξυπνο Καλάθι Αγοράς με Προηγμένες Ικανότητες Κοστολόγησης & Ελέγχου Περιεχομένου

	Απουσία αναφοράς στην ακριβή διαδικασία εισαγωγής και αφαίρεσης προϊόντος.
--	--



Εικόνα 13: Αναγνώριση αντικειμένων στο έξυπνο καλάθι που αναπτύχθηκε στα πλαίσια της εργασίας.

3.2.4 Έξυπνο Καλάθι Αγορών Βασισμένο σε Εφαρμογές IoT^s

Ο Sakorn Mekruksavanich (2019) παρουσιάζει ένα σύστημα έξυπνου καλαθιού βασισμένο στη τεχνολογία του διαδικτύου των πραγμάτων που στοχεύει στη βελτίωση τόσο της εμπειρίας του πελάτη στο κατάστημα όσο και της διαδικασίας αγοράς καθώς και πληρωμής.

Η διαδικασία αγορών γίνεται με τον ακόλουθο τρόπο: ο πελάτης επιλέγει το καλάθι του, στο οποίο υπάρχει μια θήκη για την τοποθέτηση του κινητού τηλεφώνου με το οποίο θα συνδεθεί στο αντίστοιχο καλάθι μέσω ενός αναγνωριστικού που του ανατίθεται όταν συνδέεται στην εφαρμογή του κινητού. Στη συνέχεια ο πελάτης μπορεί να θέσει κάποιο όριο αγορών και να ξεκινήσει τα ψώνια του, με τη δυνατότητα αλλαγής του ορίου κατά τη διάρκεια των αγορών και της ειδοποίησης όταν οι αγορές του τείνουν στο όριο (δείτε Εικόνα 14). Για την αναγνώριση των προϊόντων ο πελάτης πρέπει να σαρώνει κάθε αντικείμενο που επιθυμεί να εισάγει στο καλάθι του με το κινητό, κάνοντας χρήση της τεχνολογίας γραμμωτού κώδικα, το οποίο θα του παρέχει και πληροφορίες σχετικά με το προϊόν, όπως είναι η ονομασία του ή η τιμή του.

Διπλωματική εργασία: Έξυπνο Καλάθι Αγοράς με Προηγμένες Ικανότητες Κοστολόγησης & Ελέγχου Περιεχομένου

Το σύστημα IoT του έξυπνου καλάθιού αποτελείται από την μονάδα επεξεργασίας (ESP8266) και έναν αισθητήρα βάρους. Η μονάδα επεξεργασίας χρησιμοποιείται μόνο για να πάρει τα δεδομένα από τον αισθητήρα βάρους και να τα στείλει για σύγκριση με τα δεδομένα βάρους που έχει συλλέξει το κινητό τηλέφωνο, σύμφωνα με τα αντικείμενα που έχει σκανάρει. Με αυτό τον τρόπο πραγματοποιείται έλεγχος για την περίπτωση, στην οποία κάποιο αντικείμενο που έχει εισαχθεί στο καλάθι του πελάτη δεν έχει υπολογιστεί στο σύνολο.

Πίνακας 11: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα μελέτης “Έξυπνο Καλάθι Αγορών Βασισμένο σε Εφαρμογές IoT”.

<u>Πλεονεκτήματα</u>	<u>Μειονεκτήματα</u>
Βελτίωση χρόνου αναμονής.	Απουσία αναφοράς στον τομέα της ασφάλειας.
Μείωση κόστους με την αυτοματοποίηση των διαδικασιών (λιγότερο προσωπικό).	Σύστημα βασισμένο στη κινητή συσκευή του χρήστη (Ανάγκη συμβατότητας, πιθανά προβλήματα μπαταρίας και συνδεσιμότητας).
Χαμηλό κόστος υλοποίησης συστήματος.	Επιβάρυνση του πελάτη με τη δουλειά του ταμεία, καθώς ο χρήστης αναγκάζεται να σκανάρει ένα προς ένα τα προϊόντα.
Εισαγωγή ανάθεσης προϋπολογισμού και αποστολή ειδοποιήσεων.	



Εικόνα 14: Σύνδεση των τμημάτων IoT “Έξυπνο Καλάθι Αγορών Βασισμένο σε Εφαρμογές IoT”.

Ενότητα 3.3: Σύγκριση των Παρόμοιων Συστημάτων με το Ανεπτυγμένο Σύστημα

Η σύγκριση παρόμοιων συστημάτων που περιγράφονται στο προηγούμενο κεφάλαιο με το σύστημα που αναπτύχθηκε στην παρούσα διπλωματική εργασία αποτελεί έναν σημαντικό άξονα αξιολόγησης της καινοτομίας και της αποτελεσματικότητας του δικού μας έργου, με βάση σημαντικά κριτήρια, όπως η τεχνολογία αναγνώρισης προϊόντων, το κόστος υλοποίησης, η ασφάλεια, η ευχρηστία και η συνολική λειτουργικότητα.

Όταν το κόστος παραμένει χαμηλό και τα υπόλοιπα κριτήρια είναι ικανοποιητικά, τότε γίνεται λόγος για μία υψηλού επιπέδου ικανοποίηση, σε αντίθεση με ένα σύστημα χαμηλού κόστους και μη επαρκούς ικανοποίησης κριτηρίων ή ενός υψηλού κόστους συστήματος επαρκής κάλυψη κριτηρίων που θεωρούνται βασικού επιπέδου ικανοποίησης. Στον τομέα της ασφάλειας τα συστήματα με απλή αναγνώριση προϊόντων παρέχουν χαμηλότερο επίπεδο ασφάλειας, ενώ πιο εξελιγμένες προσεγγίσεις περιλαμβάνουν κρυπτογράφηση και ασφαλή επικοινωνία που συνεπάγεται υψηλού επιπέδου ικανοποίηση χρήστη. Τέλος σχετικά με την ευχρηστία, που αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα κριτήρια για τον χρήστη, στα βασικά επίπεδα λειτουργίας, ο χρήστης καλείται να σαρώσει κάθε προϊόν χειροκίνητα, είτε κατά την προσθήκη, είτε κατά την αφαίρεση του. Αντίθετα, σε πιο προηγμένα συστήματα, η διαδικασία γίνεται αυτόματα, χωρίς πρόσθετες ενέργειες. Τέλος, η λειτουργικότητα διαφέρει ανάμεσα στα συστήματα. Ορισμένα συστήματα παρέχουν βασικές δυνατότητες, όπως η απλή προσθήκη και αφαίρεση προϊόντων και η ενημέρωση της συνολικής αξίας του καλαθιού. Συστήματα υψηλότερου επιπέδου ενσωματώνουν επιπλέον λειτουργίες, όπως ειδοποιήσεις, παρακολούθηση προϋπολογισμού και βελτιστοποίηση αγορών.

Στη συνέχεια, παρατίθεται πίνακας σύγκρισης, ο οποίος βασίζεται στα παραπάνω κριτήρια. Αυτή η ανάλυση αναδεικνύει τα πλεονεκτήματα του προτεινόμενου συστήματος και

επισημαίνει τις περιοχές στις οποίες αυτό υπερτερεί. Συγκεκριμένα, το σύστημα που αναπτύχθηκε διακρίνεται για την αυξημένη ασφάλεια, καθώς ενσωματώνει τεχνολογίες κρυπτογράφησης AES και ασφαλή επικοινωνία μέσω HTTPS, σε αντίθεση με τα άλλα συστήματα που δεν αναφέρουν συγκεκριμένα μέτρα ασφάλειας. Επιπλέον, το προτεινόμενο σύστημα χρησιμοποιεί RFID για την αυτόματη αναγνώριση προϊόντων, καθιστώντας τη διαδικασία ταχύτερη και πιο αξιόπιστη, χωρίς την ανάγκη χειροκίνητης σάρωσης, όπως απαιτείται στα περισσότερα συγκρινόμενα συστήματα. Τέλος, προσφέρει υψηλού επιπέδου λειτουργικότητα, ενσωματώνοντας πρόσθετες δυνατότητες όπως δημιουργία εικονικού καλαθιού, κάτι που απουσιάζει από ορισμένες προηγούμενες προτάσεις.

Πίνακας 12: Σύγκριση παρόμοιων συστημάτων με το ανεπτυγμένο σύστημα.

<u>Κριτήριο</u>	Τεχνολογία Αναγνώρισης	Κόστος υλοποίησης	Ασφάλεια	Ευχρηστία	Λειτουργικότητα
<u>Σύστημα Lalitha κα. (2017)</u>	Barcode	Χαμηλό (30€ - 60€)	Δεν αναφέρεται	Μέτρια	Βασική
<u>Σύστημα Shankar κα. (2021)</u>	Barcode	Υψηλό (>100€)	Δεν αναφέρεται	Χαμηλή	Προηγμένες δυνατότητες
<u>Σύστημα Waranuagraha κα.</u>	Κάμερα με τεχνολογία τεχνητής νοημοσύνης	Υψηλό (>100€)	Δεν αναφέρεται	Υψηλή	Βασική με υψηλή απόδοση
<u>Σύστημα Mekruksavanich (2019)</u>	Barcode	Χαμηλό (30€ - 60€)	Δεν αναφέρεται	Μέτρια	Υψηλό επίπεδο (εισαγωγή προϋπολογισμού-ειδοποιήσεις)

Διπλωματική εργασία: Έξυπνο Καλάθι Αγοράς με Προηγμένες Ικανότητες Κοστολόγησης & Ελέγχου Περιεχομένου

<u>Υπό Μελέτη Σύστημα</u>	RFID	Μέτριο (60€ -100€)	Υψηλή (AES, HTTPS)	Υψηλή	Υψηλό επίπεδο με υψηλή απόδοση
-------------------------------	------	-----------------------	--------------------------	-------	-----------------------------------

Παρακάτω εξηγούμε τα επίπεδα ευχρηστίας που μπορεί να έχει ένα σύστημα:

- Χαμηλό επίπεδο ευχρηστίας: Σάρωση προϊόντος για προσθήκη και αφαίρεση προϊόντος από οθόνη
- Μέτριο επίπεδο ευχρηστίας: Σάρωση κάθε προϊόντος για προσθήκη - αφαίρεση
- Υψηλό επίπεδο ευχρηστίας: Αυτόματη αναγνώριση προσθήκης - αφαίρεσης προϊόντος

Κεφάλαιο 4ο: Ανάπτυξη συστήματος έξυπνου καλαθιού

Εισαγωγή

Η ανάπτυξη του συστήματος έξυπνου καλαθιού βασίστηκε στο μοντέλο ανάπτυξης καταρράκτη, το οποίο διακρίνεται για την σειριακή εκτέλεση των φάσεων ανάπτυξης. Το μοντέλο αυτό επιτρέπει τη σταδιακή ολοκλήρωση της ανάπτυξης, όπου κάθε φάση εξαρτάται από την ολοκλήρωση της προηγούμενης. Έτσι, διασφαλίζεται η σαφής δομή και τεκμηρίωση των παραγόμενων κάθε φάσης, παρέχοντας ταυτόχρονα τη δυνατότητα ενσωμάτωσης ανατροφοδότησης σε πρώιμα στάδια.

Το κεφάλαιο αυτό περιλαμβάνει την ανάλυση των κύριων σταδίων ανάπτυξης του συστήματος, ξεκινώντας από την περιγραφή και τις απαιτήσεις του, και καταλήγοντας στη σχεδίαση, ανάπτυξη και αξιολόγηση του συστήματος. Συγκεκριμένα:

- **Στην Ενότητα 4.1**, αναλύονται οι λειτουργικές και μη λειτουργικές απαιτήσεις.
- **Στην Ενότητα 4.2**, παρουσιάζονται τα διαγράμματα σχεδίασης και η αρχιτεκτονική του συστήματος.
- **Στην Ενότητα 4.3**, αναλύονται οι διαδικασίες ανάπτυξης του IoT μέρους, της εφαρμογής του χρήστη και του λογισμικού του συστήματος. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στην **Ενότητα 4.3.2**, για τη παρουσίαση της διεπαφής με την οποία αλληλεπιδρά ο χρήστης, καθώς και στην **Ενότητα 4.3.3.4**, όπου εξετάζεται διεξοδικά η ασφάλεια του συστήματος. Η τελευταία υποενότητα αναλύει τους μηχανισμούς που έχουν ενσωματωθεί για την προστασία του συστήματος από απειλές, καλύπτοντας θέματα, όπως η ασφάλεια δεδομένων, η επικύρωση αιτημάτων και η προστασία από κακόβουλες ενέργειες.
- **Στην Ενότητα 4.4**, προσδιορίζεται ο βαθμός ικανοποίησης των απαιτήσεων που παρουσιάστηκαν στην **Ενότητα 4.1**. Αυτή η ενότητα επικεντρώνεται στην αξιολόγηση της κάλυψης των απαιτήσεων του συστήματος. Θα παρουσιαστεί πίνακας που θα βαθμολογεί την ικανοποίηση κάθε απαίτησης και θα παρέχει επεξηγήσεις όπου κρίνεται αναγκαίο. Αυτή η ανάλυση θα συμβάλλει στον εντοπισμό περιθωρίων βελτίωσης και μελλοντικών επεκτάσεων.

4.1 Απαιτήσεις Συστήματος

Οι απαιτήσεις του συστήματος μας αναλύονται ξεχωριστά για το κάθε μέρος του, δηλαδή για το IoT υπό-σύστημα και το APP του χρήστη (δηλαδή την κινητή εφαρμογή στην οποία θα έχει πρόσβαση ο χρήστης).

4.1.1 Λειτουργικές Απαιτήσεις

Οι λειτουργικές απαιτήσεις (functional requirements) δηλώνουν τις λειτουργίες του συστήματος, δηλαδή εκφράζουν τις δυνατότητες που παρέχει ένα σύστημα στους χρήστες. Αυτές μπορούν να παρομοιαστούν και ως συναρτήσεις που λαμβάνουν είσοδο και έξοδο.

IoT Σύστημα

Διαίσθηση Βάρους:

- Ικανότητα μέτρησης του βάρους των αντικειμένων που τοποθετούνται στο καλάθι με ακρίβεια και αξιοπιστία.
- Ικανότητα αποστολής των δεδομένων βάρους στη συσκευή επεξεργασίας για ενημέρωση του τρέχοντος βάρους του καλάθιού.

Αναγνώριση Αντικειμένων:

- Ικανότητα ανίχνευσης και αναγνώρισης αντικειμένων με τη χρήση μοναδικών χαρακτηριστικών.
- Ικανότητα επικοινωνίας με τη συσκευή επεξεργασίας για αποστολή πληροφοριών σχετικά με τα αντικείμενα που έχουν τοποθετηθεί στο καλάθι.

Οπτικοποίηση Πληροφοριών:

- Ικανότητα εμφάνισης πληροφοριών, όπως η τιμή προϊόντος, το συνολικό κόστος και το βάρος αντικειμένων.
- Ικανότητα εμφάνισης ειδοποιήσεων και μηνυμάτων που σχετίζονται με τη διαδικασία αγοράς.

Ενεργοποίηση Συστήματος:

- Ικανότητα ενεργοποίησης του συστήματος από κατάσταση αδράνειας.
- Ικανότητα αποστολής αιτημάτων για επεξεργασία δεδομένων.

Επεξεργασία Δεδομένων:

- Ικανότητα συλλογής και επεξεργασίας δεδομένων που σχετίζονται με τα αντικείμενα και το βάρος του καλαθιού.
- Ικανότητα επικοινωνίας με άλλες συσκευές για ανταλλαγή δεδομένων και εμφάνιση πληροφοριών.
- Ικανότητα ασφαλούς διασύνδεσης και εξαγωγής πληροφοριών από αποθηκευτικά συστήματα ή βάσεις δεδομένων.
- Ικανότητα ειδοποίησης του χρήστη για ανωμαλίες, όπως αντικείμενα χωρίς αναγνωριστικά ή μη αξιόπιστα χαρακτηριστικά.

APP Χρήστη

Διαχείριση Καταλόγου:

- Εμφάνιση καταλόγου προϊόντων.
- Άντληση του καταλόγου προϊόντων από ένα εξωτερικό σύστημα καταγραφής αποθεμάτων.

Διαχείριση Καλαθιού:

- Εμφάνιση του περιεχομένου του καλαθιού, συμπεριλαμβανομένων των προϊόντων, των ποσοτήτων και των συνολικών τιμών.
- Εμφάνιση συνολικού κόστους καλαθιού καθώς και ειδοποιήσεων.
- Ικανότητα εικονικής προσθήκης και αφαίρεσης προϊόντων από το καλάθι για τον έλεγχο του σχετικού κόστους.

4.1.2 Μη Λειτουργικές Απαιτήσεις

IoT Σύστημα

Ακρίβεια και ευαισθησία:

- Ικανότητα ακριβούς μέτρησης δεδομένων που σχετίζονται με τα προϊόντα, διασφαλίζοντας αξιόπιστα αποτελέσματα.
- Ευαισθησία για την ανίχνευση μικρών διαφορών στις μετρήσεις, όπως η προσθήκη ή αφαίρεση αντικειμένων.

Ασφάλεια και Επεκτασιμότητα:

- Εξασφάλιση ασφαλούς επικοινωνίας και αποτροπή μη εξουσιοδοτημένης πρόσβασης.

- Δυνατότητα αναβάθμισης του συστήματος για να ανταποκρίνεται σε μελλοντικές απαιτήσεις.

Απεικόνιση Πληροφοριών:

- Παροχή κατάλληλης διεπαφής για τη φιλική και αποτελεσματική παρουσίαση πληροφοριών στους χρήστες.
- Διασφάλιση άνετης ανάγνωσης μέσω κατάλληλου μεγέθους και σχεδίασης οθόνης.

Ανθεκτικότητα και Ενεργειακή Αποδοτικότητα:

- Αντοχή στις περιβαλλοντικές συνθήκες και στους κραδασμούς.
- Αποτελεσματική κατανάλωση ενέργειας για παρατεταμένη χρήση.

Αξιοπιστία και Απόδοση:

- Ικανότητα εκτέλεσης διαδικασιών με ομαλότητα και χωρίς καθυστερήσεις.
- Εξασφάλιση συνεχούς διαθεσιμότητας για χρήση.

Γενικές μη λειτουργικές απαιτήσεις που απαιτούνται από όλες τις συσκευές IoT και το σύστημα:

- Αντοχή σε διάφορες συνθήκες λειτουργίας και κραδασμούς.
- Συμβατότητα της κάθε συσκευής με το υπόλοιπο IoT σύστημα.
- Αποδοτική χρήση ενέργειας για την μεγαλύτερη διάρκεια της μπαταρίας.
- Διάρκεια λειτουργίας τουλάχιστον μίας ημέρας πριν την ανάγκη επαναφόρτισης της μπαταρίας.
- Χρήση ασφαλών διεπαφών για την επικοινωνία με άλλα συστήματα.
- Εφαρμογή ασφαλών πρωτοκόλλων επικοινωνίας για την προστασία των δεδομένων που ανταλλάσσονται μεταξύ των συσκευών και των υπηρεσιών του συστήματος.

APP Χρήστη

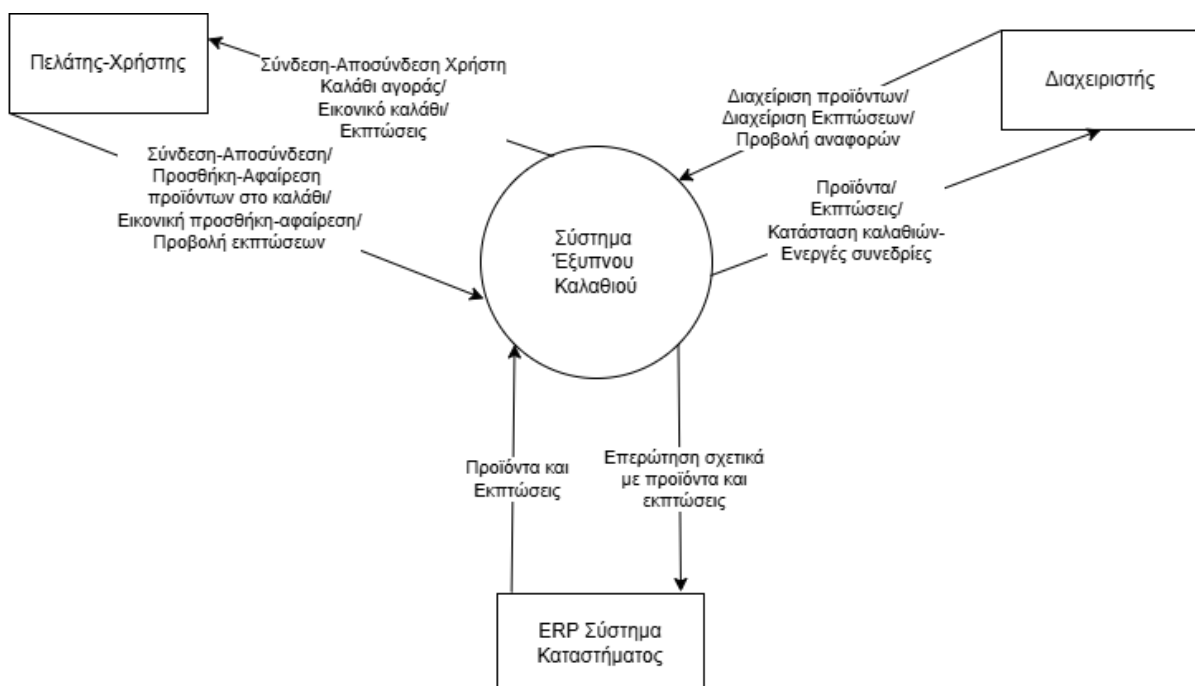
- Χρήση ασφαλών πρωτοκόλλων επικοινωνίας (HTTPS) για την επικοινωνία με το καλάθι και το σύστημα αποθεμάτων.
- Τάχιστη διενέργεια υπολογισμών και εμφάνιση πληροφοριών με μέγιστο χρόνο απόκρισης 1 δευτερόλεπτο για κάθε λειτουργία.
- Μέγιστη αξιοπιστία και ακρίβεια στην εκτέλεση λειτουργιών.
- Κατάλληλη και διαισθητική διεπαφή χρήσης.
- Χρηστική και προσαρμοζόμενη διεπαφή χρήσης κατά μήκος διαφορετικών συσκευών.

- Συμβατότητα με τις διάφορες συσκευές που χρησιμοποιούν οι χρήστες, όπως κινητά τηλέφωνα ή ταμπλέτες.
- Κατάλληλος χειρισμός λαθών/εξαιρέσεων με παρουσίαση κατάλληλων μηνυμάτων λαθών.
- Κατάλληλη επικύρωση φορμών/δεδομένων.
- Παροχή συνεχών αναβαθμίσεων και υποστήριξη για νέες λειτουργίες και βελτιώσεις, καθώς και για την αντιμετώπιση πιθανών προβλημάτων.

4.2 Σχεδίαση Συστήματος

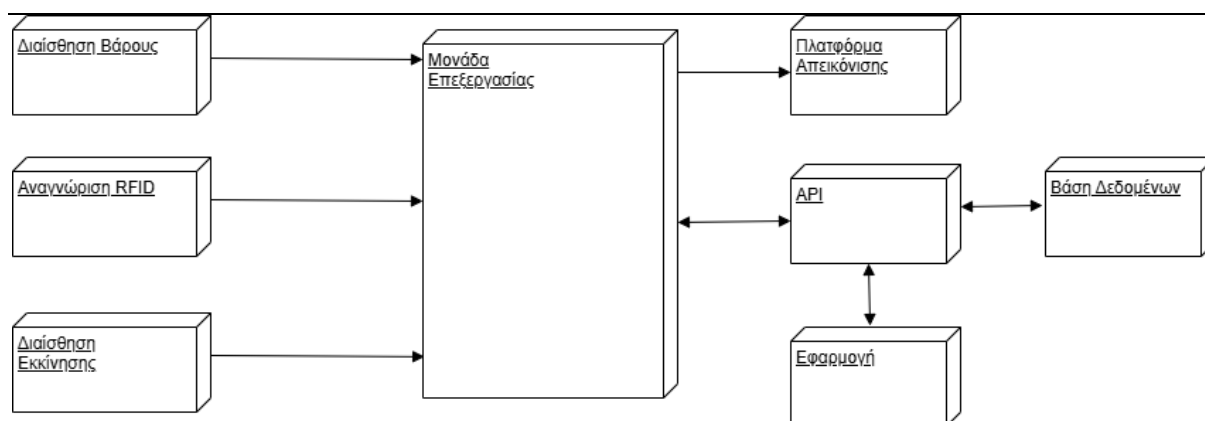
4.2.1 Περιβάλλον και αρχιτεκτονική συστήματος

Σε αυτή την ενότητα παρουσιάζονται το διάγραμμα περιβάλλοντος (δείτε Εικόνα 15), το οποίο έχει ως στόχο να περιγράψει σε υψηλό επίπεδο τις βασικές αλληλεπιδράσεις του συστήματος με εξωτερικά συστήματα και τους χρήστες, καθώς επίσης και το διάγραμμα μπλοκ (δείτε Εικόνα 16) του συστήματος, που εμφανίζει την αρχιτεκτονική του συστήματος και καλύπτει τις αλληλεπιδράσεις των συστατικών του. Τέλος, ακολουθεί μια κειμενική περιγραφή του συστήματος που συμπληρώνει την πληροφορία που εμφανίζεται σε αυτά τα δύο διαγράμματα.



Εικόνα 15: Διάγραμμα περιβάλλοντος του ανεπτυγμένου συστήματος.

Διπλωματική εργασία: Έξυπνο Καλάθι Αγοράς με Προηγμένες Ικανότητες Κοστολόγησης & Ελέγχου Περιεχομένου



Εικόνα 16: Μπλοκ διάγραμμα του ανεπτυγμένου συστήματος.

Το σύστημα αποτελείται από ένα έξυπνο καλάθι αγορών που χρησιμοποιεί τεχνολογία RFID για την αυτόματη αναγνώριση των προϊόντων που τοποθετούνται μέσα σε αυτό, καθώς και μία κινητή εφαρμογή για την παροχή λειτουργιών στον χρήστη (μέσω της κινητής του συσκευής). Ο χρήστης μπορεί εύκολα να τοποθετήσει τα προϊόντα του στο καλάθι χωρίς την ανάγκη για περαιτέρω διαδικασίες σάρωσης ή εισόδου δεδομένων. Το σύστημα οφείλει να επεξεργαστεί τα δεδομένα από τους αισθητήρες RFID και να εμφανίσει τις λεπτομέρειες των προϊόντων σε μια οθόνη LCD για άμεση επισκόπηση από τον χρήστη. Το σύστημα επικοινωνεί με το ERP σύστημα του καταστήματος για τη διαχείριση προϊόντων και εκπτώσεων, καθώς και με τον διαχειριστή, ο οποίος έχει τη δυνατότητα να εποπτεύει τις λειτουργίες του συστήματος, να διαχειρίζεται τις εκπτώσεις και να βλέπει αναφορές σχετικά με τη χρήση του έξυπνου καλαθιού.

Στη συνέχεια μέσω της υπολογιστικής συσκευής και του Web API, οι χρήστες μπορούν να συνδεθούν στην κινητή εφαρμογή του συστήματός μας για να δουν το περιεχόμενο του καλαθιού και να πραγματοποιήσουν διάφορες λειτουργίες, όπως προβολή αγορών ή και να πραγματοποιήσουν τις εικονικές τροποποιήσεις που επιθυμούν στο καλάθι τους.

Επιπλέον, επειδή το σύστημα οφείλει να διασφαλίζει την ομαλή λειτουργία του, ενσωματώνει στο έξυπνο καλάθι έναν αισθητήρα βάρους για τον έλεγχο τυχόν σφαλμάτων από τους αισθητήρες RFID, εξασφαλίζοντας έτσι την ακρίβεια του συστήματος και την αξιοπιστία της διαδικασίας αγοράς.

4.2.2 Βάση δεδομένων συστήματος

Η βάση δεδομένων του συστήματος περιλαμβάνει πίνακες για τα προϊόντα, τα καλάθια και τις σχέσεις μεταξύ τους. Ο σκοπός της βάσης είναι να διατηρεί και να διαχειρίζεται τις πληροφορίες σχετικά με τα προϊόντα που είναι διαθέσιμα για αγορά και τα καλάθια που

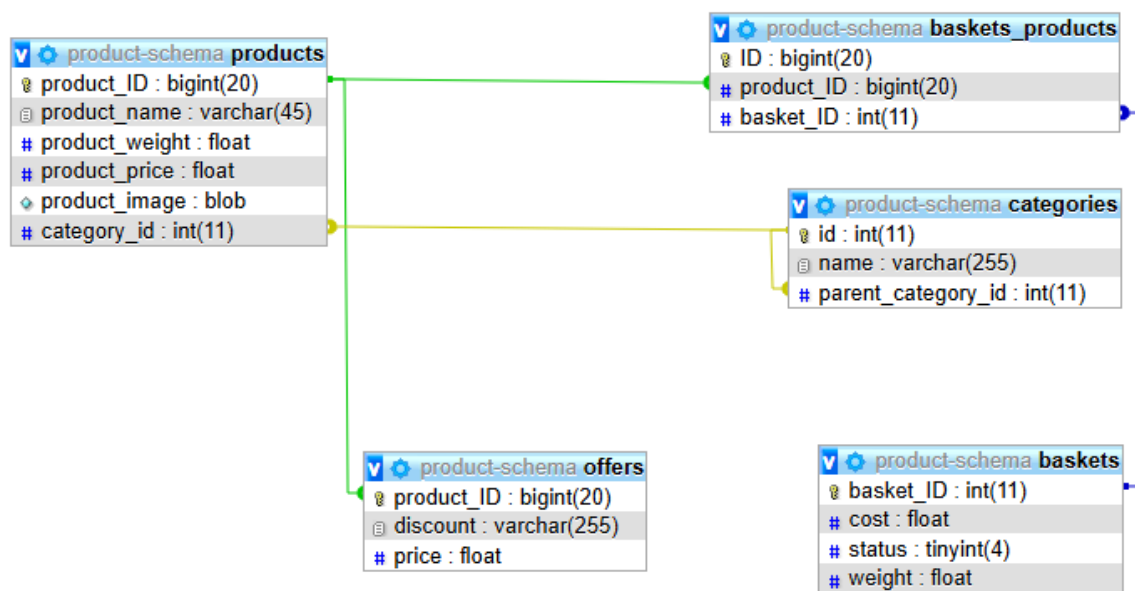
δημιουργούν οι χρήστες με τα προϊόντα που επιθυμούν να αγοράσουν. Κάθε αλλαγή στα προϊόντα ή τα καλάθια αντανakλάται αυτόματα στη βάση δεδομένων μέσω της εφαρμογής.

Η βάση δεδομένων σχεδιάστηκε για να είναι ευέλικτη και αποτελεσματική στη χρήση της. Οι πίνακες έχουν κατάλληλους περιορισμούς και κλειδιά για να εξασφαλίζεται η σωστή λειτουργία του συστήματος.

Μελλοντικές επεκτάσεις της βάσης δεδομένων μπορεί να περιλαμβάνουν την προσθήκη περισσότερων πεδίων για περισσότερες πληροφορίες προϊόντων ή την προσθήκη πινάκων για πιο στοχευμένη διαχείριση προσφορών και εκπτώσεων (πχ. αντιστοιχίζοντας χρήστες με προσφορές/εκπτώσεις που ταιριάζουν στα ενδιαφέροντα και προτιμήσεις τους).

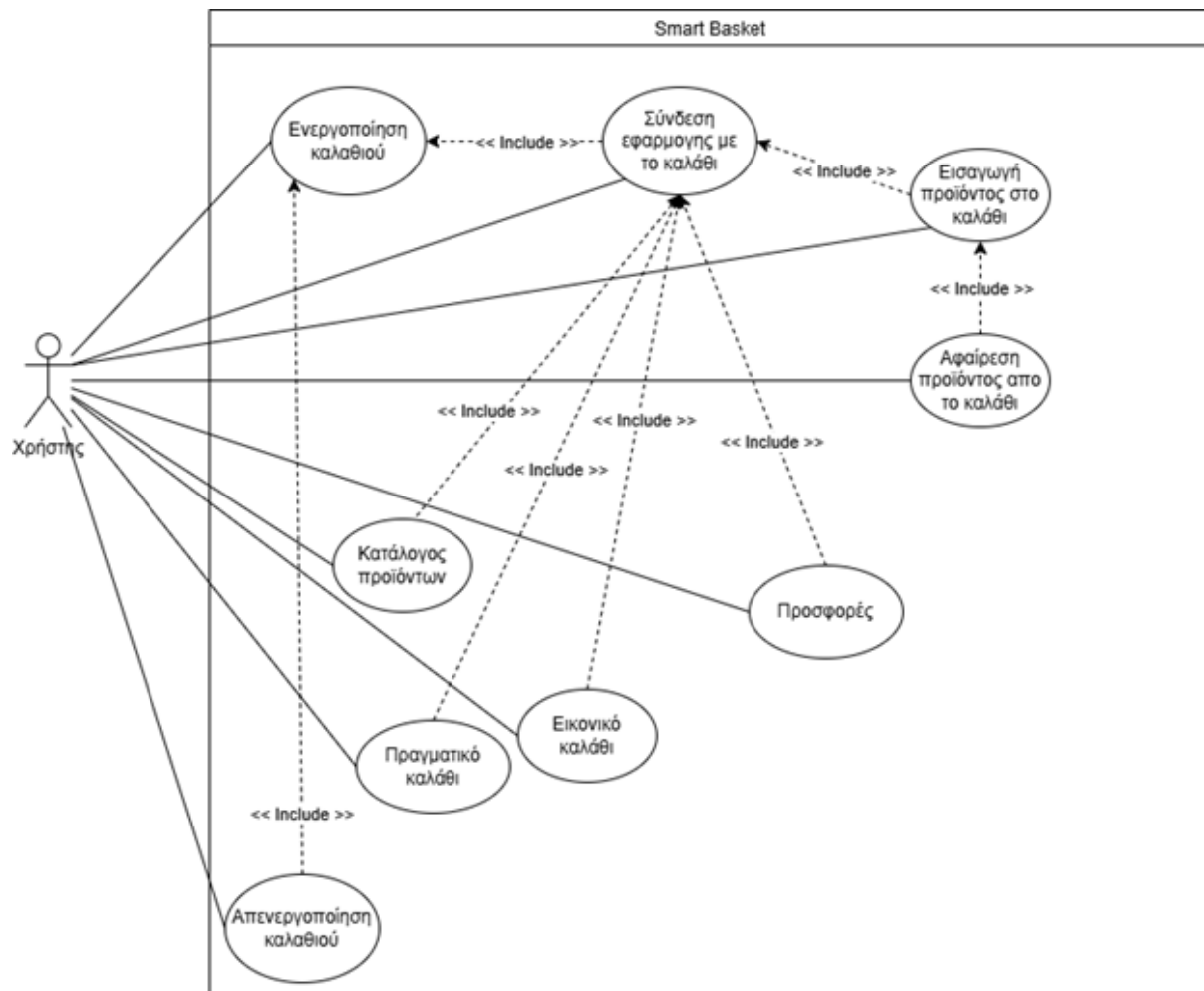
Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζεται η βάση δεδομένων του συστήματος. Στο διάγραμμα παρατηρούνται οι εξής πίνακες:

1. **products**: Περιλαμβάνει πληροφορίες για τα προϊόντα, όπως όνομα, βάρος, τιμή, εικόνα, και την αναφορά στην κατηγορία τους μέσω του `category_id`.
2. **categories**: Περιλαμβάνει το όνομα της κατηγορίας. Το πεδίο `parent_category_id` συνδέει κατηγορίες μεταξύ τους (ουσιαστικά μια κατηγορία παιδί με την πατρική της κατηγορία).
3. **baskets**: Αναφέρεται στα πραγματικά καλάθια των πελατών, με πεδία όπως κόστος, συνολικό βάρος, και `status`(κατάσταση καλαθιού πχ. Αδράνεια, Αναμονή, Κατειλημμένο).
4. **baskets_products**: Συνδέει καλάθια με προϊόντα, υποδεικνύοντας ποια προϊόντα υπάρχουν σε ποιο καλάθι.
5. **offers**: Περιλαμβάνει εκπτώσεις για προϊόντα, με την τελική τιμή κάθε προσφοράς.



Εικόνα 17: Διάγραμμα βάσης δεδομένων του ανεπτυγμένου συστήματος.

4.2.3 Μοντέλο περιπτώσεων χρήσης



Εικόνα 18: Μοντέλο περιπτώσεων χρήσης του ανεπτυγμένου συστήματος.

Οι Περιπτώσεις Χρήσης (Use Cases) αποτυπώνουν τις λειτουργικές απαιτήσεις ενός συστήματος και περιγράφουν τις αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στους χρήστες και στο σύστημα (δείτε Εικόνα 18). Ο όρος "χρήστες" αναφέρεται τόσο στους τελικούς χρήστες του συστήματος όσο και σε τρίτα συστήματα που μπορούν να ενεργοποιήσουν αντιδράσεις του συστήματος υπό μελέτη. Κάθε Περίπτωση Χρήσης μπορεί να περιγράψει λεπτομερώς μέσω κειμένου, συνοδευόμενο από το αντίστοιχο διάγραμμα που την απεικονίζει με γραφικό τρόπο.

Η κειμενική περιγραφή μιας περίπτωσης χρήσης περιγράφει τη βασική ροή εργασιών (επιτυχή ροή) με απλό και σαφή τρόπο στη φυσική γλώσσα. Παράλληλα, μπορούν να περιγράφουν εναλλακτικές ροές, είτε λόγω αποτυχίας στη διαδικασία είτε ως εναλλακτικές διαδρομές εκτέλεσης.

Από τη διαδικασία αυτή προκύπτουν:

- Η επικύρωση και λεπτομερής περιγραφή των λειτουργικών απαιτήσεων του συστήματος,
- Η δημιουργία μιας σαφούς απάντησης στο ερώτημα “τι πρέπει να κάνει το σύστημα;”, και
- Η παροχή ενός σημείου αναφοράς για την επαλήθευση των ελέγχων που θα ακολουθήσουν.

Περίπτωση Χρήσης 1

Τίτλος: Ενεργοποίηση καλαθιού.

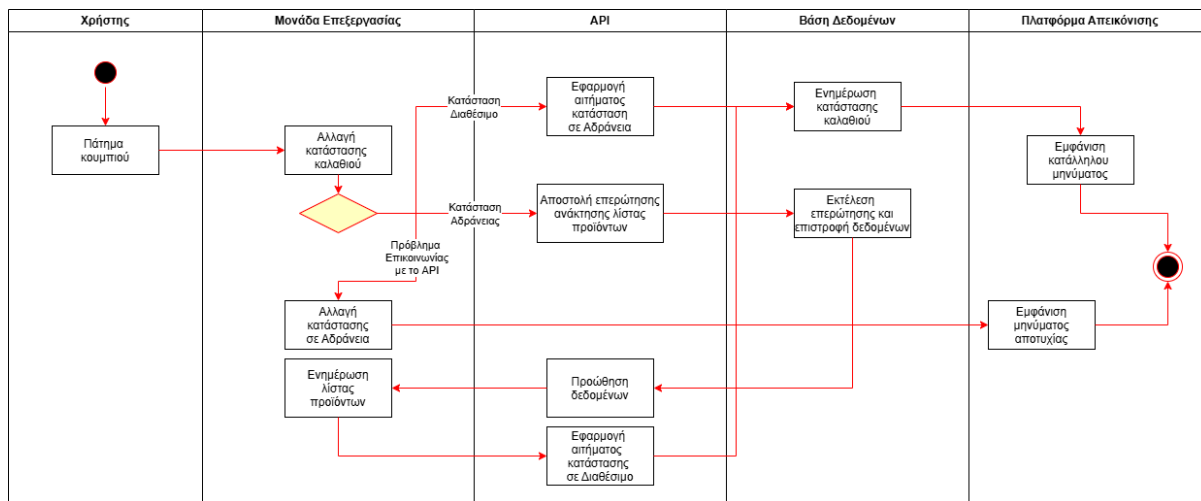
Περιγραφή: Ο χρήστης πατάει το κουμπί για να ενεργοποιήσει το καλάθι του.

Προϋποθέσεις: Ο χρήστης είναι στο κατάστημα.

Μετασυνθήκη (Περίπτωση, όπου το καλάθι βρισκόταν αρχικά σε κατάσταση «Αδράνειας»):
Το καλάθι βρίσκεται στη κατάσταση «Διαθέσιμο».

Μετασυνθήκη (Περίπτωση, όπου το καλάθι βρισκόταν αρχικά σε κατάσταση «Διαθέσιμο»):
Το καλάθι βρίσκεται στη κατάσταση «Αδράνειας».

Trigger: Πάτημα κουμπιού.



Εικόνα 19: Διάγραμμα δραστηριοτήτων περίπτωσης χρήσης 1.

Κύρια Ροή:

1. Ο χρήστης πατάει το κουμπί που βρίσκεται στο καλάθι.
2. Η μονάδα επεξεργασίας αλλάζει τη κατάσταση της από «Αδράνεια» σε κατάσταση «Διαθέσιμο».
3. Η μονάδα επεξεργασίας στέλνει αίτημα στο API για ανάκτηση της λίστας προϊόντων του καταστήματος.
4. Το API στέλνει τη λίστα με τα προϊόντα στην μονάδα επεξεργασίας.
5. Το API ξεκλειδώνει το καλάθι και αλλάζει τη κατάσταση σε «Διαθέσιμο» μέσω της βάσης δεδομένων.
6. Η πλατφόρμα απεικόνισης εκτυπώνει κατάλληλο μήνυμα.

Εναλλακτική Ροή (Διαφοροποίηση στο βήμα 2) :

1. Η μονάδα επεξεργασίας βγαίνει από τη κατάσταση «Διαθέσιμο» και μπαίνει σε κατάσταση «Αδράνεια».
2. Η μονάδα επεξεργασίας στέλνει αίτημα στο API για την αλλαγή του καλαθιού σε «Αδράνεια».
3. Το API κλειδώνει το καλάθι και αλλάζει τη κατάσταση σε «Αδράνεια» μέσω της βάσης δεδομένων.
4. Βήμα 6 κύριας ροής.

Ροή Αποτυχίας:

1. Ο χρήστης πατάει το κουμπί που βρίσκεται στο καλάθι.
2. Η μονάδα επεξεργασίας αλλάζει τη κατάσταση της από «Αδράνεια» σε κατάσταση «Διαθέσιμο».
3. Η μονάδα επεξεργασίας στέλνει αίτημα στο API για ανάκτηση της λίστας προϊόντων του καταστήματος.
4. Το API δεν ανταποκρίνεται.

-
5. Η μονάδα επεξεργασίας αλλάζει τη κατάσταση της από «Αδράνεια» σε κατάσταση «Αδράνεια».
 6. Η πλατφόρμα απεικόνισης εκτυπώνει μήνυμα αποτυχίας.

Περίπτωση Χρήσης 2

Τίτλος: Σύνδεση εφαρμογής με το καλάθι.

Περιγραφή: Ο χρήστης σαρώνει τον κωδικό QR και συνδέεται με το καλάθι.

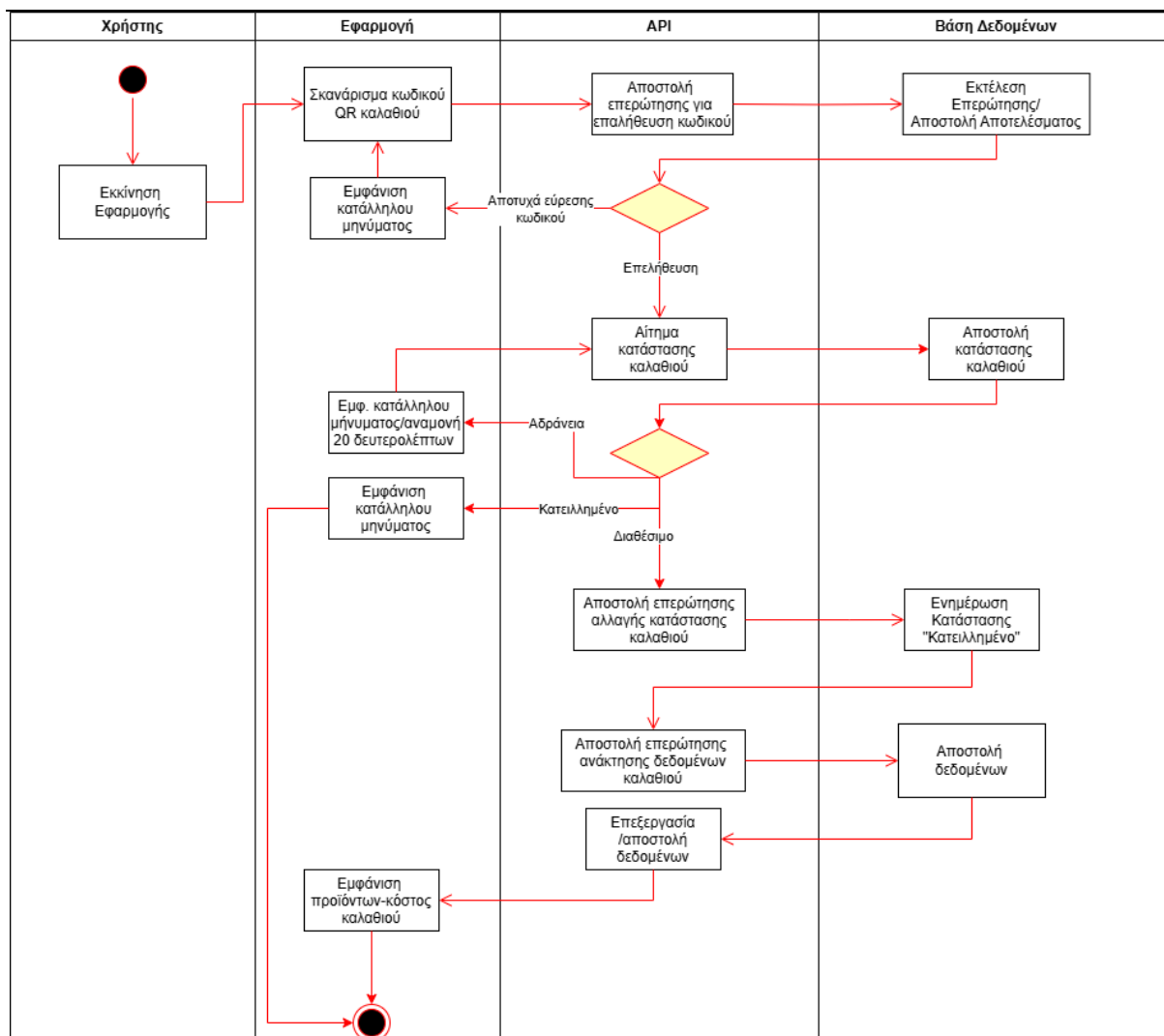
Προϋποθέσεις: Περίπτωση χρήσης 1 (Κατάσταση Καλαθιού «Διαθέσιμο»).

Μετασυνθήκη (Περίπτωση, όπου το καλάθι βρισκόταν αρχικά σε κατάσταση «Διαθέσιμο»): Το καλάθι βρίσκεται στη κατάσταση «Κατελιημμένο» και η εφαρμογή εμφανίζει τα προϊόντα και το κόστος του καλαθιού.

Μετασυνθήκη (Περίπτωση, όπου το καλάθι βρισκόταν αρχικά σε κατάσταση «Αδράνειας-Κατελιημμένο»): Η εφαρμογή παραμένει στη κατάσταση που ήταν και εμφανίζει κατάλληλο μήνυμα.

Trigger: Σκανάρισμα QR κωδικού.

Διπλωματική εργασία: Έξυπνο Καλάθι Αγοράς με Προηγμένες Ικανότητες Κοστολόγησης & Ελέγχου Περιεχομένου



Εικόνα 20: Διάγραμμα δραστηριοτήτων περίπτωσης χρήσης 2.

Κύρια Ροή:

1. Ο χρήστης σαρώνει μέσω της εφαρμογής τον κωδικό QR που είναι τοποθετημένος πάνω στο καλάθι.
2. Η εφαρμογή στέλνει το περιεχόμενο του κωδικού QR για επαλήθευση στο API.
3. Το API επαληθεύει την ύπαρξη του κωδικού QR.
4. Η εφαρμογή στέλνει αίτημα στο API για να ελέγξει αν το καλάθι είναι «Διαθέσιμο».
5. Το API επαληθεύει ότι το καλάθι βρίσκεται στη κατάσταση «Διαθέσιμο».
6. Το API αλλάζει την κατάσταση του καλαθιού σε «Κατελιημένο».

7. Η εφαρμογή κάνει αίτημα στο API, ώστε να λάβει τα προϊόντα που υπάρχουν στο καλάθι, καθώς και το συνολικό κόστος.
8. Η εφαρμογή εμφανίζει τα προϊόντα και το κόστος καλαθιού του χρήστη.

Εναλλακτική Ροή (Διαφοροποίηση στο βήμα 5):

1. Το API εντοπίζει πως το καλάθι βρίσκεται στη κατάσταση «Αδράνεια».
2. Η εφαρμογή επιστρέφει στο χρήστη μήνυμα για το ξεκλείδωμα του καλαθιού και περιμένει 20 δευτερόλεπτα.
3. Περίπτωση Χρήσης 1
4. Βήμα 4 Κύριας Ροής

Περίπτωση Χρήσης 3

Τίτλος: Εισαγωγή-Αφαίρεση προϊόντος στο καλάθι.

Περιγραφή: Ο χρήστης επιλέγει προϊόν προς Εισαγωγή-Αφαίρεση στο καλάθι.

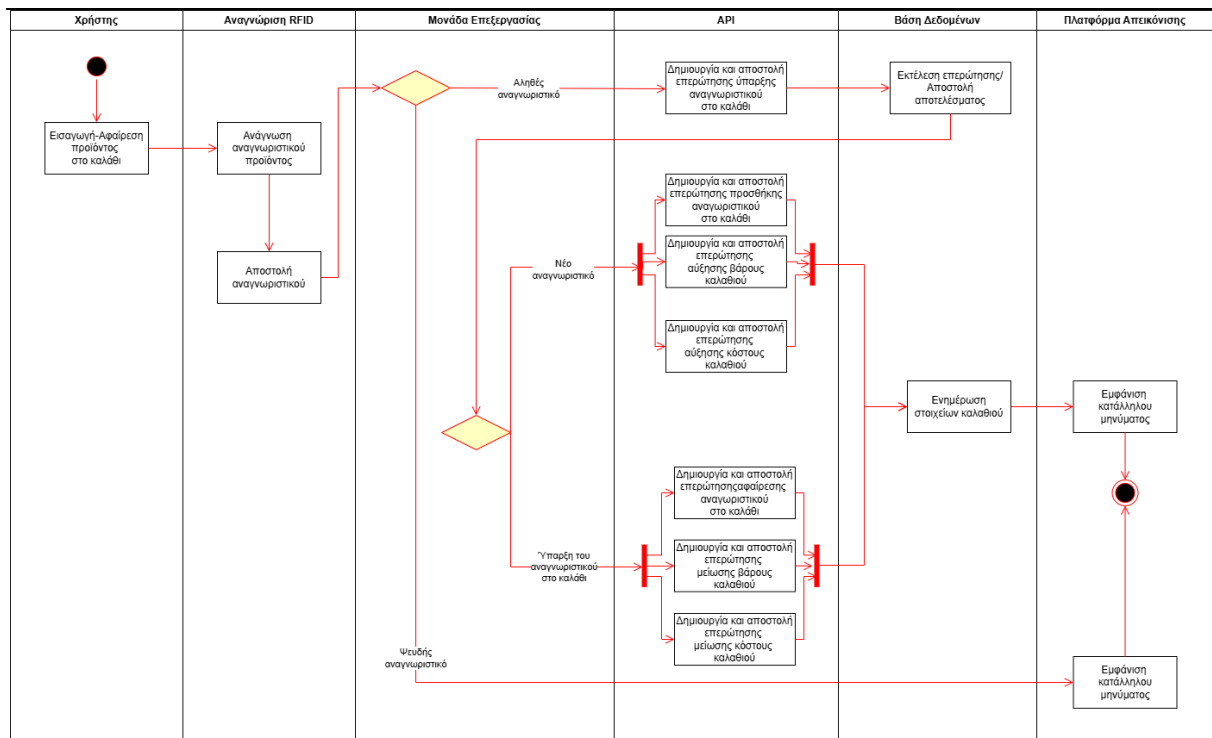
Προϋποθέσεις: Περίπτωση χρήσης 2.

Μετασυνθήκη (Περίπτωση, όπου ο χρήστης αφαίρεσε κάποιο προϊόν): Το κόστος του καλαθιού έχει μειωθεί κατά το κόστος του προϊόντος και το προϊόν δεν υπάρχει στο καλάθι.

Μετασυνθήκη (Περίπτωση, όπου ο χρήστης εισήγαγε κάποιο προϊόν): Το κόστος του καλαθιού έχει αυξηθεί κατά το κόστος του προϊόντος και το προϊόν έχει εγγραφεί στο καλάθι.

Trigger: Εντοπισμός RFID ετικέτας από τον αισθητήρα.

Διπλωματική εργασία: Έξυπνο Καλάθι Αγοράς με Προηγμένες Ικανότητες Κοστολόγησης & Ελέγχου Περιεχομένου



Εικόνα 21: Διάγραμμα δραστηριοτήτων περίπτωσης χρήσης 3.

Κύρια Ροή:

1. Ο χρήστης περνάει ένα προϊόν από το καλάθι του.
2. Ο αναγνώστης RFID σαρώνει το προϊόν και λαμβάνει το αναγνωριστικό του.
3. Η μονάδα επεξεργασίας ελέγχει ότι το αναγνωριστικό είναι αληθές.
4. Η μονάδα επεξεργασίας στέλνει στο API αίτημα ελέγχου ύπαρξης του προϊόντος στο καλάθι.
5. Η μονάδα επεξεργασίας λαμβάνει πως το προϊόν είναι προς εισαγωγή.
6. Η μονάδα επεξεργασίας στέλνει αίτημα στο API για την ενημέρωση του καλαθιού και τη λήψη δεδομένων του προϊόντος.
7. Το API ενημερώνει την βάση σχετικά με την κατάσταση του καλαθιού.
8. Η πλατφόρμα απεικόνισης εμφανίζει πληροφορίες σχετικά με το προϊόν.

Εναλλακτική Ροή (Διαφοροποίηση στο βήμα 3) :

1. Η μονάδα επεξεργασίας εντοπίζει πως το αναγνωριστικό δεν είναι αληθές.
2. Η πλατφόρμα απεικόνισης εμφανίζει κατάλληλο μήνυμα λάθους.

Εναλλακτική Ροή (Διαφοροποίηση στο βήμα 5) :

1. Η μονάδα επεξεργασίας λαμβάνει πως το προϊόν είναι προς εξαγωγή.
2. Η μονάδα επεξεργασίας στέλνει αίτημα στο API για την ενημέρωση του καλαθιού και την αφαίρεση του προϊόντος.
3. Το API ενημερώνει την βάση σχετικά με την κατάσταση του καλαθιού.
4. Η πλατφόρμα απεικόνισης εμφανίζει κατάλληλο μήνυμα.

Περίπτωση Χρήσης 4

Τίτλος: Κατάλογος προϊόντων.

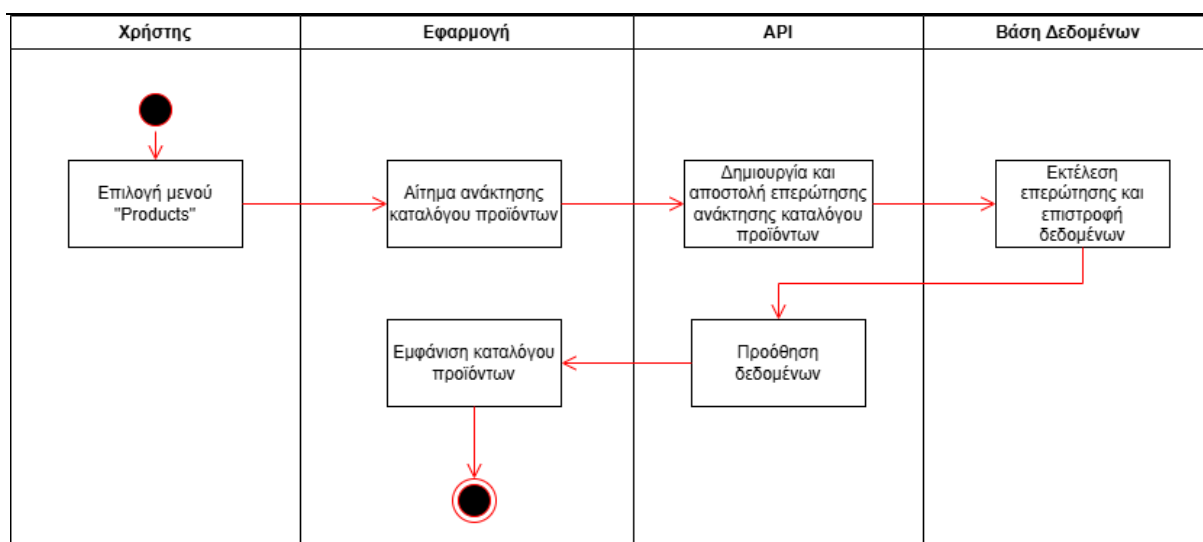
Περιγραφή: Ο χρήστης επιλέγει από το μενού της εφαρμογής την επιλογή «Products» για να δει τον κατάλογο με τα προϊόντα του καταστήματος.

Προϋποθέσεις : Περίπτωση χρήσης 2.

Μετασυνθήκη: Η εφαρμογή εμφανίζει τον κατάλογο προϊόντων του καταστήματος.

Trigger: Επιλογή «Products».

Διπλωματική εργασία: Έξυπνο Καλάθι Αγοράς με Προηγμένες Ικανότητες Κοστολόγησης & Ελέγχου Περιεχομένου



Εικόνα 22: Διάγραμμα δραστηριοτήτων περίπτωσης χρήσης 4.

Κύρια Ροή:

1. Ο χρήστης πατάει στο μενού της εφαρμογής την επιλογή «Products» για να δει τα προϊόντα του καταστήματος.
2. Η εφαρμογή κάνει αίτημα στο API, ώστε να λάβει τα προϊόντα που υπάρχουν στο κατάστημα, καθώς και πληροφορίες για αυτά.
3. Το API ανακτά τις πληροφορίες από τη βάση δεδομένων και τις προωθεί στην εφαρμογή.
4. Η εφαρμογή εμφανίζει τον κατάλογο προϊόντων του καταστήματος.

Περίπτωση Χρήσης 5

Τίτλος: Εικονικό καλάθι.

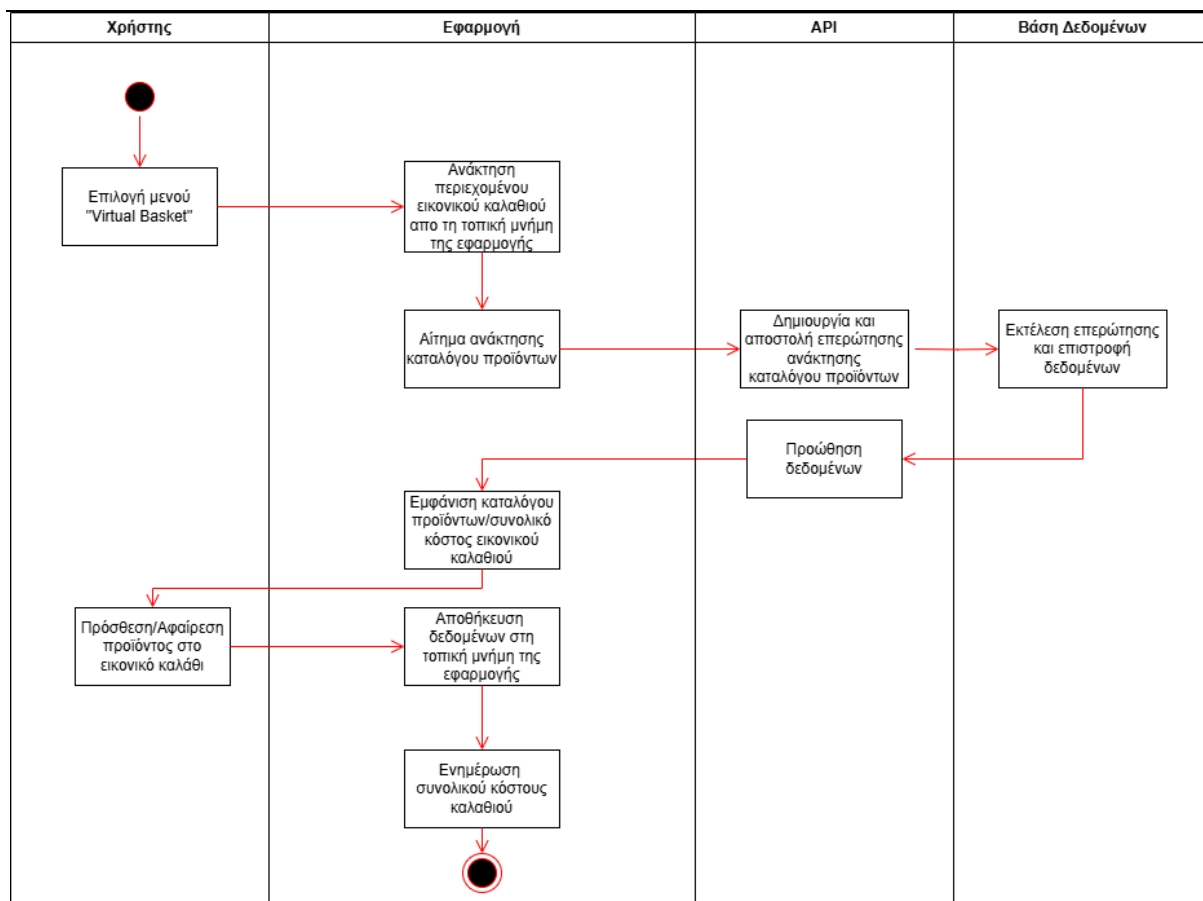
Περιγραφή: Ο χρήστης επιλέγει από το μενού της εφαρμογής την επιλογή «Virtual Basket».

Προϋποθέσεις: Περίπτωση χρήσης 2.

Μετασυνθήκη: Η εφαρμογή εμφανίζει τον κατάλογο προϊόντων του καταστήματος και το συνολικό κόστος τους.

Trigger: Επιλογή «Virtual Basket».

Διπλωματική εργασία: Έξυπνο Καλάθι Αγοράς με Προηγμένες Ικανότητες Κοστολόγησης & Ελέγχου Περιεχομένου



Εικόνα 23: Διάγραμμα δραστηριοτήτων περίπτωσης χρήσης 5.

Κύρια Ροή:

1. Ο χρήστης πατάει στο μενού της εφαρμογής την επιλογή «Virtual Basket».
2. Η εφαρμογή κάνει ανάκτηση του τρέχοντος περιεχομένου του εικονικού καλαθιού του χρήστη.
3. Η εφαρμογή κάνει αίτημα στο API, ώστε να λάβει το κατάλογο με τα προϊόντα του καταστήματος.
4. Η εφαρμογή εμφανίζει τον κατάλογο προϊόντων του καταστήματος με τη δυνατότητα εικονικής πρόσθεσης ή αφαίρεσης τους.
5. Ο χρήστης επιλέγει να προσθέσει ένα προϊόν στο εικονικό του καλάθι.
6. Η εφαρμογή αποθηκεύει τις αλλαγές στη τοπική της μνήμη.
7. Η εφαρμογή ενημερώνει το κόστος του εικονικού καλαθιού.

Εναλλακτική Ροή (Διαφοροποίηση στο βήμα 5):

1. Ο χρήστης επιλέγει να αφαιρέσει ένα προϊόν στο εικονικό του καλάθι.
2. Η εφαρμογή ενημερώνει το κόστος του εικονικού καλαθιού.

Περίπτωση Χρήσης 6

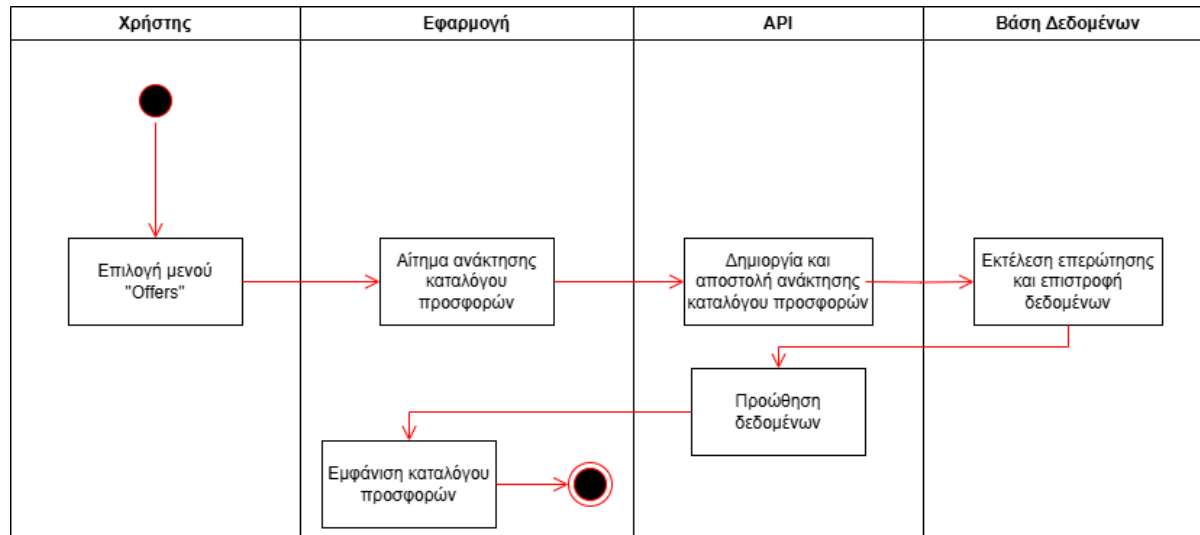
Τίτλος: Προσφορές.

Περιγραφή: Ο χρήστης επιλέγει από το μενού της εφαρμογής την επιλογή «Offers».

Προϋποθέσεις: Περίπτωση χρήσης 2.

Μετασυνθήκη: Η εφαρμογή εμφανίζει τον κατάλογο προϊόντων του καταστήματος που είναι σε προσφορά.

Trigger: Επιλογή «Offers».



Εικόνα 24: Διάγραμμα δραστηριοτήτων περίπτωσης χρήσης 6.

Κύρια Ροή:

1. Ο χρήστης πατάει στο μενού της εφαρμογής την επιλογή «Offers» για να δει τα προϊόντα που είναι σε προσφορά.

2. Η εφαρμογή κάνει αίτημα στο API, ώστε να λάβει τα προϊόντα προσφοράς του καταστήματος.
3. Το API λαμβάνει τα προϊόντα προσφοράς από την βάση δεδομένων και τα προωθεί στην εφαρμογή.
4. Η εφαρμογή εμφανίζει τον κατάλογο προϊόντων προσφοράς του καταστήματος.

Περίπτωση Χρήσης 7

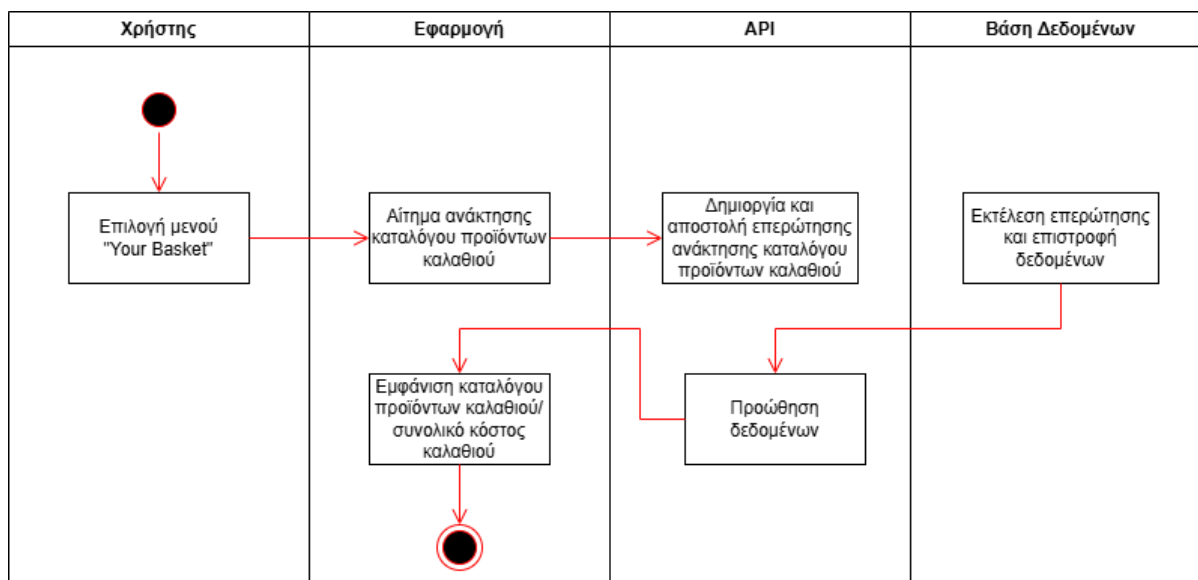
Τίτλος: Καλάθι χρήστη.

Περιγραφή: Ο χρήστης επιλέγει από το μενού της εφαρμογής την επιλογή «Your Basket».

Προϋποθέσεις: Περίπτωση χρήσης 2.

Μετασυνθήκη: Η εφαρμογή εμφανίζει τον κατάλογο προϊόντων του καλαθιού του χρήστη.

Trigger: Επιλογή «Your Basket».



Εικόνα 25: Διάγραμμα δραστηριοτήτων περίπτωσης χρήσης 7.

Κύρια Ροή:

1. Ο χρήστης πατάει στο μενού της εφαρμογής την επιλογή «Your Basket» για να δει τα προϊόντα και το κόστος του καλαθιού του.
2. Η εφαρμογή κάνει αίτημα στο API, ώστε να λάβει τα προϊόντα που υπάρχουν στο καλάθι, καθώς και το συνολικό κόστος.
3. Το API ανακτά την πληροφορία των προϊόντων στο καλάθι από τη βάση δεδομένων και την προωθεί στην εφαρμογή.
4. Η εφαρμογή εμφανίζει τον κατάλογο προϊόντων καλαθιού και το κόστος τους.

Περίπτωση Χρήσης 8

Τίτλος: Απενεργοποίηση καλαθιού.

Περιγραφή: Ο χρήστης πατάει το κουμπί για να απενεργοποιήσει το καλάθι του.

Προϋποθέσεις: Περίπτωση χρήσης 2.

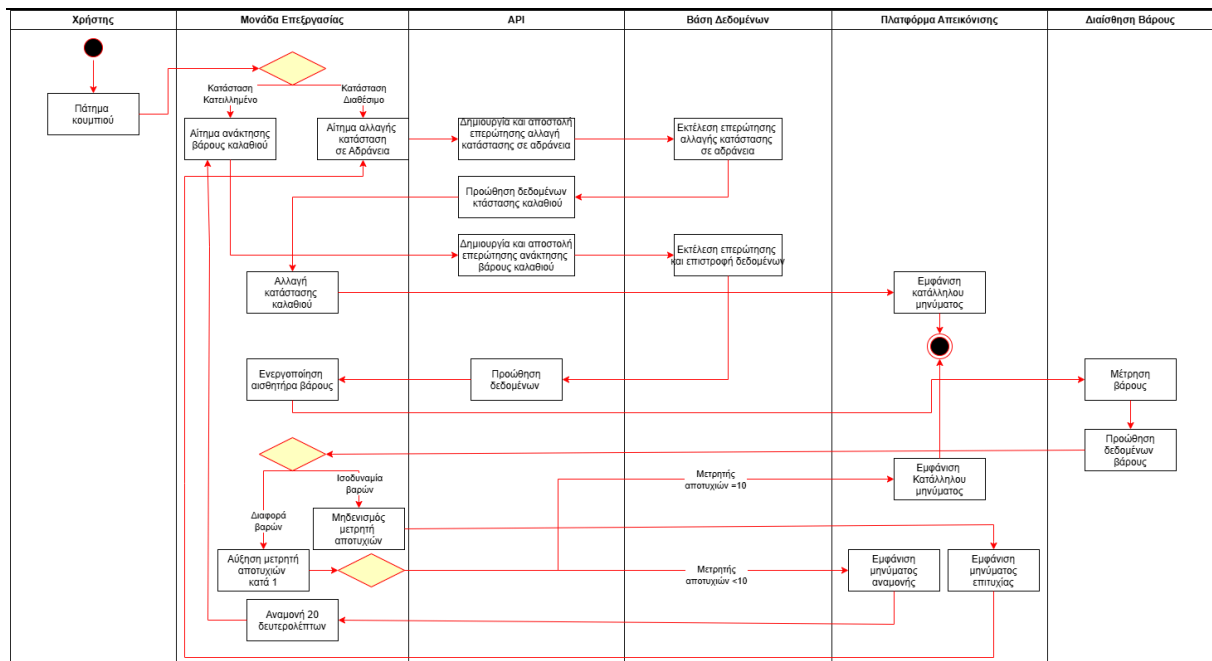
Μετασυνθήκη (Περίπτωση, όπου το καλάθι βρισκόταν σε κατάσταση «Κατειλημμένο» και υπάρχει ισοδυναμία βαρών): Το καλάθι βρίσκεται στη κατάσταση «Αδράνειας».

Μετασυνθήκη (Περίπτωση, όπου το καλάθι βρισκόταν σε κατάσταση «Κατειλημμένο» και υπάρχει διαφορά βαρών): Αναμονή 20 δευτερολέπτων και επανάληψη σύγκρισης βαρών.

Μετασυνθήκη (Περίπτωση, όπου το καλάθι βρισκόταν σε κατάσταση «Διαθέσιμο»): Το καλάθι βρίσκεται στη κατάσταση «Αδράνειας».

Trigger: Πάτημα κουμπιού.

Διπλωματική εργασία: Έξυπνο Καλάθι Αγοράς με Προηγμένες Ικανότητες Κοστολόγησης & Ελέγχου Περιεχομένου



Εικόνα 26: Διάγραμμα δραστηριοτήτων περίπτωσης χρήσης 8.

Κύρια Ροή:

1. Ο χρήστης πατάει το κουμπί που βρίσκεται στο καλάθι.
2. Η μονάδα επεξεργασίας κάνει αίτημα στο API για την ανάκτηση του βάρους του καλαθιού, έτσι ώστε να το συγκρίνει με το πραγματικό βάρος του καλαθιού.
3. Η μονάδα επεξεργασίας λαμβάνει το βάρος του καλαθιού από το API.
4. Η μονάδα επεξεργασίας ενεργοποιεί τη διάισθηση βάρους.
5. Η μονάδα επεξεργασίας επαληθεύει την ισοδυναμία των βαρών του καλαθιού και της μέτρησης του αισθητήρα.
6. Η μονάδα επεξεργασίας στέλνει αίτημα στο API για την αλλαγή του καλαθιού σε «Αδράνεια».
7. Η μονάδα επεξεργασίας βγαίνει από τη κατάσταση «Κατειλημμένο» και μπαίνει σε κατάσταση «Αδράνεια».
8. Η πλατφόρμα απεικόνισης εκτυπώνει κατάλληλο μήνυμα
9. Η μονάδα επεξεργασίας μεταβαίνει σε κατάσταση «Αδράνεια».

Εναλλακτική Ροή (Διαφοροποίηση στο βήμα 5):

1. Η μονάδα επεξεργασίας εντοπίζει διαφορά στα βάρη.
2. Ο μετρητής αποτυχιών αυξάνεται κατά 1.
3. Ο μετρητής αποτυχιών είναι κάτω από 10.
4. Η πλατφόρμα απεικόνισης εμφανίζει μήνυμα αναμονής.
5. Η μονάδα επεξεργασίας περιμένει 20 δευτερόλεπτα.
6. Βήμα 2 κύριας ροής

Εναλλακτική Ροή (Διαφοροποίηση στο βήμα 5):

1. Η μονάδα επεξεργασίας εντοπίζει διαφορά στα βάρη.
2. Ο μετρητής αποτυχιών αυξάνεται κατά 1.
3. Ο μετρητής αποτυχιών είναι ίσος με 10.
4. Η πλατφόρμα απεικόνισης εμφανίζει κατάλληλο μήνυμα.

4.3 Υλοποίηση Συστήματος

Εισαγωγή

Η Ενότητα 4.3 της παρούσας εργασίας αναφέρεται στην ανάπτυξη και την υλοποίηση του IoT συστήματος και της εφαρμογής για τον χρήστη, καθώς και στην ανάπτυξη του RESTful API που υποστηρίζει τη λειτουργία του συστήματος. Η πρώτη υποενότητα (4.3.1) επικεντρώνεται στη διαχείριση της υλοποίησης του IoT συστήματος, περιλαμβάνοντας τη χρήση της κατάλληλης γλώσσας προγραμματισμού, την προγραμματιστική διασύνδεση των συσκευών και την ανάπτυξη των ηλεκτρονικών κυκλωμάτων. Στη συνέχεια, η υποενότητα 4.3.2 καλύπτει την ανάπτυξη της εφαρμογής για τον χρήστη, εξετάζοντας τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν, τις βιβλιοθήκες και τις βασικές λειτουργίες της εφαρμογής, καθώς και τη σχεδίαση της διεπαφής χρήστη (UI/UX) και τις οθόνες της εφαρμογής. Στην ενότητα 4.3.3, γίνεται αναφορά στην ανάπτυξη του RESTful API του συστήματος, τη χρήση γλώσσας και εργαλείων για την ανάπτυξή του, την επιλογή βάσεων δεδομένων, καθώς και τις δυνατότητες ασφάλειας του συστήματος, όπως η προστασία από επιθέσεις, η εξασφάλιση ασφαλούς μετάδοσης δεδομένων και η κρυπτογράφηση των RFID ετικετών. Τέλος, η ενότητα ολοκληρώνεται με την αξιολόγηση της ικανοποίησης των απαιτήσεων του έργου.

4.3.1 Υλοποίηση IoT συστήματος

Στο πλαίσιο της ανάπτυξης ενός συστήματος IoT, η επιλογή των κατάλληλων συσκευών είναι κρίσιμης σημασίας για την επιτυχή υλοποίηση και λειτουργία του. Σε αυτό το υποκεφάλαιο, θα αναφέρουμε τις συσκευές, οι οποίες επιλέχθηκαν για την υλοποίηση του συστήματος, καθώς και θα εξετάσουμε τους λόγους που οδήγησαν στην επιλογή των συγκεκριμένων IoT συσκευών, λαμβάνοντας υπόψη τεχνικά χαρακτηριστικά, οικονομικούς παράγοντες και την ασφάλεια.

Η υπολογιστική συσκευή που επιλέχθηκε είναι το Raspberry Pi Pico W, αφού πληρεί τις προϋποθέσεις σε μεγαλύτερο βαθμό από όλους τους μικροελεγκτές που αναφέρθηκαν στην Ενότητα 2.5.2. Επιλέχθηκε συγκεκριμένα λόγω της επεξεργαστικής του ισχύς, όπου το καθιστά ιδανικό για απλές έως πολύπλοκες εφαρμογές, αλλά και εξαιτίας της πληθώρας των ακροδεκτών του, μιας και διαθέτει πληθώρα ακροδεκτών GPIO που το καθιστούν κατάλληλο για εφαρμογές που απαιτούν σύνδεση με πολλές εξωτερικές συσκευές. Επίσης, το Raspberry καλύπτει μία από τις σημαντικότερες απαιτήσεις του IoT συστήματος, αυτή της χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας, ώστε το καλάθι να έχει αυτονομία, τουλάχιστον μίας ημέρας. Τέλος, ακόμα ένας παράγοντας που αποτέλεσε σημαντικό ρόλο στην επιλογή του Raspberry Pi Pico W, είναι ο πολύ καλός βαθμός υποστήριξης που υπάρχει για τις γλώσσες προγραμματισμού Python και της MicroPython λόγω της αρκετά ενεργούς κοινότητας των προγραμματιστών τους, η οποία παρέχει σημαντική υποστήριξη καθώς και αρκετές χρήσιμες βιβλιοθήκες και παραδείγματα. Αυτά είναι λοιπόν τα κύρια χαρακτηριστικά τα οποία κάνουν την υπολογιστική συσκευή φιλική προς τον προγραμματιστή.

Σχετικά με τον αναγνώστη RFID, αυτός που επιλέχθηκε είναι ο RFID RC-522, διότι έχει ευρεία υποστήριξη και διαθέτει πληθώρα βιβλιοθηκών και παραδειγμάτων προγραμματισμού για διάφορες πλατφόρμες. Επιπρόσθετα, το χαμηλό κόστος του (4.5€) είναι ένα σημαντικό πλεονέκτημα έναντι των υπόλοιπων RFID αναγνωστών, ενώ προσφέρει και αξιόπιστη απόδοση στην ανάγνωση των RFID ετικετών.

Για την ακριβή μέτρηση του βάρους των αντικειμένων στο καλάθι, επιλέχθηκε ο αισθητήρας βάρους HX711. Αυτός ο αισθητήρας προσφέρει υψηλή ακρίβεια και σταθερότητα στην μέτρηση βάρους, ενώ η επικοινωνία του με το Raspberry Pi μέσω αναλογικού σήματος εξασφαλίζει ακριβείς μετρήσεις, οι οποίες είναι κρίσιμες για την σωστή παρακολούθηση του περιεχομένου του καλαθιού. Επιπλέον, ο αισθητήρας προσφέρει χαμηλό κόστος (1.2€) και είναι εύκολος στη χρήση, πράγμα που τον καθιστά ιδανικό για το σύστημα.

Για την εμφάνιση δεδομένων στον χρήστη, επιλέχθηκε η οθόνη LCD 1602 I2C, η οποία παρέχει ευανάγνωστη πληροφόρηση σχετικά με τα αντικείμενα στο καλάθι, το συνολικό βάρος και την τιμή τους. Η επιλογή αυτή έγινε λόγω της χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας, του μικρού μεγέθους και της εύκολης επικοινωνίας με το Raspberry Pi μέσω του πρωτοκόλλου I2C. Η οθόνη προσφέρει επαρκή ευκρίνεια για τον χρήστη και μπορεί να ανανεώνεται σε πραγματικό χρόνο.

Τέλος, η ασφάλεια είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες στην επιλογή IoT συσκευών. Οι επιλεγμένες συσκευές παρέχουν τις απαραίτητες λειτουργίες ασφαλείας (Raspberry Pico W: υποστήριξη πιστοποιημένων βιβλιοθηκών και εργαλείων¹¹, RFID RC-522: Ικανότητα κωδικοποίησης ετικετών για ασφαλή επικοινωνία¹², HX711 Ασφαλής μετάδοση δεδομένων μέσω αναλογικού σήματος¹³) για την προστασία των δεδομένων και την αποτροπή ανεπιθύμητων παρεμβάσεων. Συνοψίζοντας, η επιλογή των IoT συσκευών βασίστηκε σε μια σειρά παραγόντων, συμπεριλαμβανομένων των τεχνικών χαρακτηριστικών, του κόστους, της υποστήριξης, της ευκολίας χρήσης και ασφαλείας, προκειμένου να εξασφαλιστεί η ομαλή λειτουργία και η ασφάλεια του IoT συστήματος.

4.3.2 Γλώσσα προγραμματισμού

Για την υλοποίηση του συστήματος IoT, επιλέχτηκε η γλώσσα προγραμματισμού Python λόγω των πολλών πλεονεκτημάτων και της ευελιξίας που προσφέρει. Οι κύριοι λόγοι που οδήγησαν σε αυτή την επιλογή είναι οι παρακάτω:

- **Υποστήριξη βιβλιοθηκών:** Η Python διαθέτει πολλές βιβλιοθήκες για την ανάπτυξη IoT εφαρμογών, όπως η «requests» για την επικοινωνία HTTP και η «machine» για τον έλεγχο των αισθητήρων και των επικοινωνιακών πρωτοκόλλων.
- **Εκτεταμένη Κοινότητα:** Η Python διαθέτει μια εκτεταμένη και ενεργή κοινότητα που παρέχει πληθώρα πόρων, βιβλιοθηκών και πληροφοριών για την ανάπτυξη IoT εφαρμογών.
- **Φιλικότητα προς τον χρήστη:** Η Python θεωρείται μια από τις πιο φιλικές προς τον χρήστη γλώσσες προγραμματισμού, με απλή σύνταξη και ευανάγνωστο κώδικα, κάτι που διευκολύνει την ανάπτυξη και την συντήρηση του κώδικα.

4.3.3 Προγραμματιστική Διασύνδεση Συσκευών

Για την σύνδεση του μικροελεγκτή με το API και τους αισθητήρες, χρησιμοποιήθηκε η βιβλιοθήκη «requests»¹⁴ για την αποστολή και λήψη HTTP αιτημάτων. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος «requests.get» για να αναζητήσουμε πληροφορίες από το API, ενώ με τη μέθοδο «requests.put» και «requests.post» πραγματοποιούμε ενημερώσεις στο API.

¹¹ <https://docs.micropython.org/en/latest/library/ssl.html>

¹² <https://www.nxp.com/docs/en/data-sheet/MFRC522.pdf>

¹³ https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/ForceFlex/hx711_english.pdf

¹⁴ https://makeblock-micropython-api.readthedocs.io/en/latest/public_library/Third-party-libraries/requests.html

Επιπλέον, για την αλληλεπίδραση με τους αισθητήρες, χρησιμοποιήθηκαν κατάλληλες μέθοδοι και συναρτήσεις που παρέχονται από τις αντίστοιχες βιβλιοθήκες. Συγκεκριμένα, για την επικοινωνία με τον αναγνώστη RFID χρησιμοποιήθηκε η βιβλιοθήκη «MFRC522»¹⁵, η οποία παρέχει τις απαραίτητες συναρτήσεις για την αναγνώριση και ανάγνωση των ετικετών RFID. Η βιβλιοθήκη αυτή επιτρέπει την εκτέλεση εντολών, όπως η ενεργοποίηση του αναγνώστη, η λήψη δεδομένων από τις ετικέτες RFID και η διαχείριση των επαφών μέσω του I2C ή SPI πρωτοκόλλου. Στον κώδικα, ο αναγνώστης RFID δημιουργείται με την εντολή `reader = MFRC522.MFRC522()` και στη συνέχεια χρησιμοποιούνται οι μέθοδοι `reader.MFRC522_Request()` και `reader.MFRC522_Anticoll()` για την ανίχνευση και ανάγνωση των ετικετών RFID.

Για την αλληλεπίδραση με τον αισθητήρα βάρους, χρησιμοποιήθηκε η βιβλιοθήκη «HX711»¹⁶, η οποία επιτρέπει την ανάγνωση δεδομένων από αισθητήρες βάρους που βασίζονται σε γέφυρα Wheatstone. Η βιβλιοθήκη αυτή παρέχει μεθόδους και κλάσεις για τη διαχείριση του αισθητήρα, όπως η κλάση `HX711`, η οποία αρχικοποιείται μέσω της εντολής `hx711 = HX711 ( dout , pd_sck )` για τον ορισμό των ακροδεκτών του αισθητήρα, καθώς και η μέθοδος `hx711.get_weight ( )`, η οποία χρησιμοποιείται για την ανάγνωση της μέτρησης βάρους. Αυτή η βιβλιοθήκη εξασφαλίζει την ακριβή μέτρηση βάρους και την ανάκτηση δεδομένων που χρησιμοποιούνται για τη διαχείριση της ζύγισης των αντικειμένων στο σύστημα.

Τέλος, για την αλληλεπίδραση με άλλους αισθητήρες και εξαρτήματα, χρησιμοποιήθηκαν βιβλιοθήκες, όπως η «machine» για τον έλεγχο των GPIO pins και η «`rico_i2c_lcd`»¹⁷ για την επικοινωνία με την οθόνη LCD μέσω του I2C. Ο συνδυασμός αυτών των βιβλιοθηκών μας επέτρεψε να αλληλεπιδράσουμε με τα φυσικά συστήματα του μικροελεγκτή, να διαβάσουμε δεδομένα από τους αισθητήρες και να τα στείλουμε ή να τα λάβουμε μέσω του API του συστήματος μας, εξασφαλίζοντας έτσι την ομαλή και αξιόπιστη λειτουργία του IoT συστήματος.

4.3.4 Ηλεκτρονικά Κυκλώματα

Για την υλοποίηση του συστήματος, σχεδιάστηκε και αναπτύχθηκε ένα ολοκληρωμένο ηλεκτρονικό κύκλωμα, το οποίο δημιουργήθηκε χρησιμοποιώντας το περιβάλλον σχεδίασης EasyEDA¹⁸ (δείτε Εικόνα 27). Το κύκλωμα αυτό αποτελεί την ηλεκτρονική υποδομή για τη λειτουργία του έξυπνου καλαθιού και ενσωματώνει τα βασικά εξαρτήματα που απαιτούνται για την επικοινωνία, την ανίχνευση και την επεξεργασία δεδομένων.

Το κύκλωμα περιλαμβάνει:

¹⁵ <https://github.com/miguelbalboa/rfid>

¹⁶ <https://github.com/bogde/HX711>

¹⁷ <https://github.com/T-622/RPI-PICO-I2C-LCD>

¹⁸ <https://easyeda.com>

1. **Raspberry Pi Pico W:** Το βασικό υπολογιστικό μέρος του συστήματος, το οποίο είναι υπεύθυνο για τη συλλογή, την επεξεργασία και την αποστολή δεδομένων. Συνδέεται με τα υπόλοιπα εξαρτήματα μέσω ψηφιακών και αναλογικών ακροδεκτών.
 - ο Οι ψηφιακοί ακροδέκτες χρησιμοποιούνται για την αποστολή και λήψη ψηφιακών σημάτων (0 ή 1). Στο Raspberry Pi Pico W, οι πιο συνήθεις ψηφιακοί ακροδέκτες που χρησιμοποιούνται είναι οι ακροδέκτες GPIO (General Purpose Input/Output).
 - ο Οι αναλογικοί ακροδέκτες χρησιμοποιούνται για την αποστολή και λήψη αναλογικών σημάτων, τα οποία ποικίλουν συνεχώς (όπως, η μέτρηση τάσης). Στο Raspberry Pi Pico W, η μέτρηση των αναλογικών σημάτων γίνεται μέσω των ADC (Analog-to-Digital Converter) ακροδεκτών.
2. **Αισθητήρας RFID (RC522):** Συνδέεται με το Raspberry Pi μέσω των ακροδεκτών SDA, SCK, MOSI, και MISO για τη μεταφορά δεδομένων. Ο αισθητήρας RFID χρησιμοποιείται για την ανάγνωση των μοναδικών κωδικών προϊόντων. Η σύνδεση περιλαμβάνει επίσης την τροφοδοσία του αισθητήρα (VCC) και τη γείωση του (GND).
3. **Αισθητήρας βάρους (Load Cell - Haitronic) και ενισχυτής HX711 :** Ο αισθητήρας βάρους Haitronic HR0399-10 χρησιμοποιείται για τη μέτρηση του βάρους των προϊόντων στο καλάθι. Το αναλογικό σήμα που παράγει μετατρέπεται σε ψηφιακή μορφή μέσω του ενισχυτή HX711, επιτρέποντας την επεξεργασία του από το Raspberry Pi. Ο HX711 επικοινωνεί με το Raspberry Pi μέσω των ακροδεκτών SCK και DT, ενώ τροφοδοτείται από τη θύρα VCC (3.3V) και συνδέεται στη γείωση (GND).
4. **Οθόνη LCD (I2C):** Επικοινωνεί με το Raspberry Pi μέσω των ακροδεκτών SDA και SCL, επιτρέποντας την απεικόνιση πληροφοριών, όπως η τιμή, το βάρος, και τα προϊόντα που έχουν προστεθεί.
5. **Διακόπτης (Push Button):** Συνδέεται σε έναν από τους ψηφιακούς ακροδέκτες του Raspberry Pi για την ανίχνευση της εισόδου του χρήστη. Ο διακόπτης χρησιμοποιείται για συγκεκριμένες λειτουργίες, όπως η αλλαγή κατάστασης του καλαθιού από «Αδράνεια» σε «Διαθέσιμο» κ.α.

Λειτουργία και Συνδεσμολογία-Σημαντικές Συνδέσεις

- **Αισθητήρας RFID:** Μέσω του πρωτοκόλλου SPI, τα δεδομένα που λαμβάνονται από τον RFID αισθητήρα (όπως ο μοναδικός κωδικός ενός προϊόντος) μεταφέρονται στο Raspberry Pi για περαιτέρω επεξεργασία.

Συνδεσμολογία:

- ο MISO → GP4
- ο SDA → GP5
- ο SCK → GP6

- ο MOSI → GP7
- ο IRQ → Δεν συνδέεται
- ο GND → GND (γείωση)
- ο 3.3V ← 3.3V

- **Αισθητήρας Βάρους (Load Cell - Hatronic) & Ενισχυτής HX711:** Το Load Cell συνδέεται στον ενισχυτή HX711 μέσω των ακροδεκτών E+, E-, A+, A-, και ο HX711 στη συνέχεια επικοινωνεί με το Raspberry Pi για τη μεταφορά των ψηφιακών δεδομένων βάρους.

Συνδεσμολογία Load Cell προς HX711:

- ο E+ → Κόκκινο (VCC από Load Cell)
- ο E- → Μαύρο (GND από Load Cell)
- ο A+ → Λευκό (Σήμα +)
- ο A- → Πράσινο (Σήμα -)

Συνδεσμολογία HX711 προς Raspberry Pi:

- ο SCK → GP2
- ο DT → GP3
- ο GND → GND (γείωση)
- ο VCC ← VSYS

- **Οθόνη LCD:** Χρησιμοποιείται το πρωτόκολλο I2C για την αποστολή δεδομένων στην οθόνη, ώστε να εμφανίζονται χρήσιμες πληροφορίες στον χρήστη.

Συνδεσμολογία:

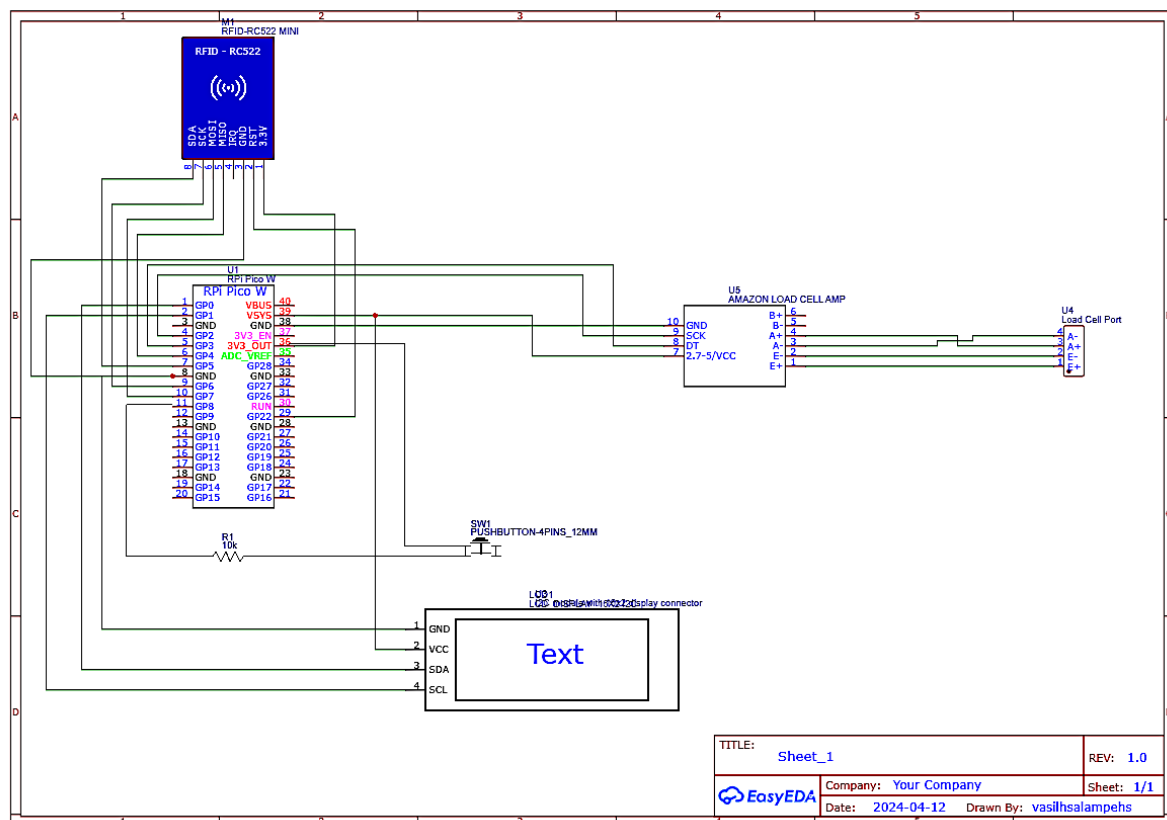
- ο SDA → GP0
- ο SCL → GP1
- ο GND → GND (γείωση)
- ο VCC ← VSYS

- **Κουμπί (Push Button):** Το κουμπί λειτουργεί μέσω ενός pull-down κυκλώματος, στο οποίο συμμετέχει μια αντίσταση των 10kΩ. Η αντίσταση αυτή είναι κρίσιμη για την αποφυγή ψευδών εντολών, εξασφαλίζοντας ότι η γραμμή δεδομένων διατηρείται σε κατάσταση χαμηλής τάσης (LOW) όταν το κουμπί δεν πατιέται. Όταν το κουμπί πατηθεί, η γραμμή μεταβαίνει σε κατάσταση υψηλής τάσης (HIGH), και αυτή η αλλαγή ανιχνεύεται από το Raspberry Pi.

Συνδεσμολογία:

- ο A1 $\leftarrow$ 3.3V
- ο B1 $\rightarrow$ GP8 (Παράλληλα, μια αντίσταση 10KΩ συνδέεται μεταξύ του GP8 και του 3.3V)

Το κύκλωμα σχεδιάστηκε έτσι ώστε να παρέχει αξιόπιστη επικοινωνία μεταξύ των εξαρτημάτων, με στόχο την αποδοτική συλλογή και επεξεργασία δεδομένων. Μέσω της χρήσης τυποποιημένων πρωτοκόλλων επικοινωνίας και σωστής συνδεσμολογίας, εξασφαλίζεται η ομαλή λειτουργία του συστήματος και η ακρίβεια στις μετρήσεις.



Εικόνα 27: Διάγραμμα κυκλώματος ανεπτυγμένου συστήματος.

4.3.5 Υλοποίηση εφαρμογής για τον Χρήστη

Η εφαρμογή για τον χρήστη αποτελεί ένα βασικό συστατικό του συστήματος, επιτρέποντας την αλληλεπίδραση του χρήστη με το έξυπνο καλάθι και την παρακολούθηση του περιεχομένου του. Ο κύριος στόχος της εφαρμογής είναι να προσφέρει μια φιλική και εύχρηστη διεπαφή, παρέχοντας πληροφορίες για τα προϊόντα, το κόστος και τη διαχείριση του καλαθιού, ενώ ταυτόχρονα διασφαλίζει την ασφάλεια της επικοινωνίας με το API.

4.3.5.1 Εργαλεία Υλοποίησης

Η ανάπτυξη της εφαρμογής πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του **Android Studio**, που αποτελεί το επίσημο IDE για την ανάπτυξη εφαρμογών Android. Ως γλώσσα προγραμματισμού, επιλέχθηκε η **Java**, λόγω της ευρείας χρήσης της στην ανάπτυξη Android εφαρμογών και της πληθώρας διαθέσιμων πόρων για υποστήριξη.

Η επιλογή του Android Studio και της Java διασφάλισε την ταχύτητα ανάπτυξης και την ευκολία διαχείρισης του έργου, ενώ παράλληλα παρείχε ένα ισχυρό σύνολο εργαλείων για τη διασφάλιση της ποιότητας του λογισμικού.

4.3.5.2 Βιβλιοθήκες που Χρησιμοποιήθηκαν

Η ανάπτυξη της εφαρμογής χρήστη βασίστηκε σε διάφορες βιβλιοθήκες, οι οποίες επιλέχθηκαν για την υλοποίηση βασικών λειτουργιών της εφαρμογής. Οι κύριες βιβλιοθήκες που χρησιμοποιήθηκαν είναι:

1. **Gson**¹⁹

- Η βιβλιοθήκη Gson χρησιμοποιείται για την επεξεργασία δεδομένων JSON. Είναι ιδανική για την εύκολη μετατροπή αντικειμένων Java σε JSON και αντίστροφα.
- Στην εφαρμογή μας, η Gson χρησιμοποιείται για τη διαχείριση των δεδομένων που ανταλλάσσονται με το API, όπως λίστες προϊόντων και πληροφορίες καλαθιού.

2. **Java Networking (URLConnection)**²⁰

- Η βιβλιοθήκη αυτή παρέχει λειτουργίες για τη διαχείριση ασφαλών συνδέσεων HTTPS.
- Στην εφαρμογή, χρησιμοποιείται για την αποστολή αιτημάτων στο API και την ασφαλή λήψη δεδομένων, όπως δεδομένων προϊόντων και τιμές.

3. **Java Security**²¹

¹⁹ <https://github.com/google/gson>

²⁰ <https://docs.oracle.com/javase/8/docs/api/javax/net/ssl/URLConnection.html>

²¹ <https://docs.oracle.com/javase/8/docs/technotes/guides/security/crypto/CryptoSpec.html#SSLTLS>

- ο Η Java Security API είναι υπεύθυνη για τη διαχείριση πιστοποιητικών και κρυπτογραφικών λειτουργιών.
 - ο Στην εφαρμογή μας, χρησιμοποιήθηκε για τη ρύθμιση του SSLContext (ένα αντικείμενο που διαχειρίζεται τις ρυθμίσεις ασφαλείας για ασφαλείς συνδέσεις μέσω SSL/TLS), την επικύρωση πιστοποιητικών και την ενίσχυση της ασφάλειας κατά την επικοινωνία με το API.
4. **CertificateFactory και TrustManagerFactory²²**
- ο Αυτές οι βιβλιοθήκες χρησιμοποιούνται για την ανάγνωση και τη διαχείριση πιστοποιητικών.
 - ο Η CertificateFactory χρησιμοποιείται για τη φόρτωση πιστοποιητικών από αρχεία, ενώ η TrustManagerFactory βοηθά στην ενσωμάτωση αυτών των πιστοποιητικών για τη δημιουργία ασφαλών συνδέσεων.

Οι παραπάνω βιβλιοθήκες εξασφαλίζουν την ομαλή λειτουργία και την ασφάλεια της εφαρμογής, επιτρέποντας την αποτελεσματική και αξιόπιστη επικοινωνία με το IoT σύστημα και τον API διακομιστή.

4.3.5.3 Βασικές λειτουργίες

Η εφαρμογή περιλαμβάνει τις εξής κύριες λειτουργίες:

1. **Σύνδεση με το καλάθι μέσω QR code**
 - ο Ο χρήστης μπορεί να σκανάρει το QR code του καλαθιού με τη συσκευή του, χρησιμοποιώντας την κάμερα. Με αυτόν τον τρόπο, συνδέεται στο καλάθι και μπορεί να δει το περιεχόμενό του.
2. **Εμφάνιση περιεχομένων καλαθιού**
 - ο Ο χρήστης μπορεί να δει τα προϊόντα που έχουν τοποθετηθεί στο καλάθι, μαζί με τις ποσότητες και τις τιμές τους.
 - ο Προβάλλεται επίσης το συνολικό κόστος των αντικειμένων, όπως αυτά παρέχονται από το API.
3. **Διαχείριση καλαθιού**
 - ο Ο χρήστης μπορεί να προσθέσει ή να αφαιρέσει προϊόντα από το καλάθι εικονικά, προκειμένου να ελέγξει το κόστος πριν την τελική απόφαση αγοράς.
 - ο Τα εικονικά καλάθια αποθηκεύονται προσωρινά στη συσκευή του χρήστη χρησιμοποιώντας το SharedPreferences²³, επιτρέποντας την ανάκτηση των δεδομένων ακόμα και μετά το κλείσιμο της εφαρμογής.
4. **Ειδοποιήσεις και Μηνύματα Συστήματος**
 - ο Ο χρήστης λαμβάνει ειδοποιήσεις όταν υπάρχει σφάλμα στην επικοινωνία με το API, καθώς και σε περιπτώσεις επιτυχίας.

²² <https://docs.oracle.com/javase/8/docs/api/java/security/cert/CertificateFactory.html>

²³ <https://developer.android.com/training/data-storage/shared-preferences>

4.3.5.4 Διεπαφή Χρήστη (UI/UX)

Η διεπαφή χρήστη σχεδιάστηκε με γνώμονα την απλότητα και τη φιλικότητα προς τον χρήστη.

- **Οθόνες και Σχεδίαση**
 - Η αρχική οθόνη περιλαμβάνει κουμπιά για την έναρξη σάρωσης του QR code.
 - Η οθόνη του καλαθιού παρουσιάζει λίστα προϊόντων με ευανάγνωστα δεδομένα για την τιμή και την ποσότητα κάθε προϊόντος.
 - Το μενού περιλαμβάνει λειτουργίες διαχείρισης, όπως εικονική προσθήκη/αφαίρεση προϊόντων.
- **Χρώματα και Γραμματοσειρές**
 - Χρησιμοποιήθηκαν χρώματα που εξασφαλίζουν καλή ορατότητα, όπως λευκό φόντο με μαύρο ή μπλε κείμενο.
 - Η γραμματοσειρά που επιλέχθηκε είναι ευανάγνωστη και προσαρμοσμένη για κινητές συσκευές.
- **Προσαρμογή σε Συσκευές**
 - Η εφαρμογή είναι συμβατή με διάφορες αναλύσεις οθόνης, παρέχοντας μια ομαλή εμπειρία σε διαφορετικούς τύπους συσκευών. Χρησιμοποιήθηκε η βιβλιοθήκη ConstraintLayout²⁴, καθώς επίσης match_parent και wrap_content για την προσαρμογή των στοιχείων ανάλογα με το μέγεθος της οθόνης. Τέλος, έγινε χρήση LinearLayout²⁵ και το DrawerLayout²⁶, τα οποία προσφέρουν ευκολία στη διαχείριση του Layout για τη πλοήγηση και την τοποθέτηση των στοιχείων στην οθόνη.

Η διεπαφή χρήστη (User Interface) αποτελεί ένα από τα βασικά μέρη του συστήματος, καθώς επιτρέπει στον χρήστη να αλληλεπιδράσει άμεσα με το έξυπνο καλάθι. Η εφαρμογή σχεδιάστηκε με κύριο στόχο τη φιλική και εύκολη χρήση από τους πελάτες του έξυπνου καλαθιού. Ο σχεδιασμός της διεπαφής εστιάζει στη σαφήνεια και τη λειτουργικότητα, παρέχοντας όλες τις απαραίτητες πληροφορίες και επιλογές με εύκολη πλοήγηση. Παρέχει λειτουργίες, όπως η δημιουργία εικονικού καλαθιού και η προβολή του συνολικού κόστους του, η παρακολούθηση του περιεχομένου και του κόστους του πραγματικού καλαθιού, η ενημέρωση σχετικά με τα προϊόντα που παρέχει το κατάστημα, καθώς και την ενημέρωση σχετικά με τα εκπτώτικα προϊόντα. Παρακάτω αναλύονται τα κύρια χαρακτηριστικά της διεπαφής με στιγμιότυπα (screenshots) που επεξηγούν τη λειτουργία της εφαρμογής.

²⁴ <https://developer.android.com/reference/androidx/constraintlayout/widget/ConstraintLayout>

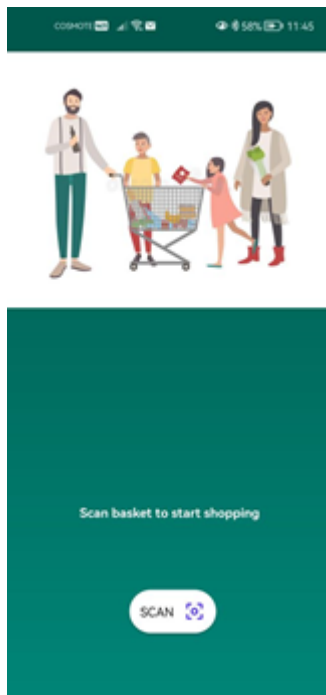
²⁵ <https://developer.android.com/reference/android/widget/LinearLayout>

²⁶ <https://developer.android.com/reference/androidx/drawerlayout/widget/DrawerLayout>

4.3.5.4.1 Αρχική Οθόνη

Η πρώτη οθόνη της εφαρμογής (δείτε Εικόνα 28) εμφανίζεται αμέσως μόλις την ανοίξει ο χρήστης. Περιλαμβάνει:

- Μία εικόνα που συμβολίζει το έξυπνο καλάθι.
- Ένα κουμπί με την ένδειξη "**Scan**", το οποίο καλεί τον χρήστη να σκανάρει τον QR κωδικό του καλαθιού για να συνδεθεί.



Εικόνα 28: Αρχική εικόνα της εφαρμογής του ανεπτυγμένου συστήματος.

4.3.5.4.2 Οθόνη «Your Basket»

Η οθόνη **Your Basket** εμφανίζεται με τη σύνδεση της εφαρμογής στο καλάθι και παρουσιάζει τα προϊόντα που έχουν τοποθετηθεί στο φυσικό καλάθι του χρήστη (δείτε Εικόνα 29). Οι πληροφορίες που εμφανίζονται περιλαμβάνουν:

- Τα προϊόντα που βρίσκονται στο καλάθι.
- Τις τιμές των προϊόντων και το συνολικό κόστος.

Στο επάνω αριστερό μέρος της οθόνης βρίσκεται το εικονίδιο **Menu** (τρεις οριζόντιες γραμμές), μέσω του οποίου ο χρήστης έχει πρόσβαση στις υπόλοιπες λειτουργίες της εφαρμογής.



Εικόνα 29: Οθόνη “Your Basket” της εφαρμογής του ανεπτυγμένου συστήματος.

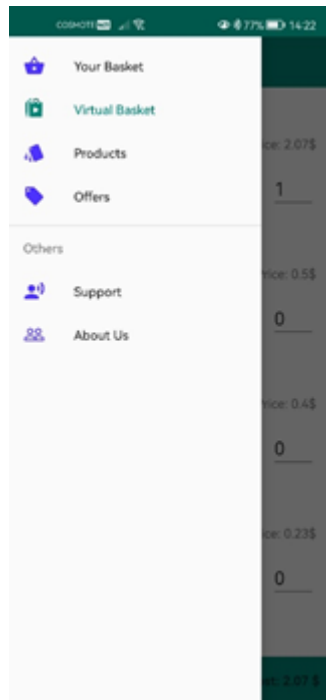
4.3.5.4.3 Μενού Πλοήγησης

Το μενού πλοήγησης παρέχει όλες τις βασικές λειτουργίες της εφαρμογής (δείτε Εικόνα 30). Περιλαμβάνει τις εξής επιλογές:

1. **Your Basket**
Επιστροφή στην κύρια οθόνη που παρουσιάζει τα προϊόντα του φυσικού καλαθιού.
2. **Virtual Basket**
Οδηγεί στην οθόνη Virtual Basket, όπου ο χρήστης μπορεί να δημιουργήσει ένα εικονικό καλάθι. Εφόσον δημιουργηθεί ένα εικονικό καλάθι, ο χρήστης μπορεί να προσθέσει σε αυτό προϊόντα και να ορίσει την επιθυμητή ποσότητα για το κάθε προϊόν. Η εφαρμογή υπολογίζει και εμφανίζει το συνολικό κόστος σε πραγματικό χρόνο.
3. **Products**
Παρουσιάζει όλα τα διαθέσιμα προϊόντα κατηγοριοποιημένα, επιτρέποντας στον χρήστη να δει τα χαρακτηριστικά τους και να πραγματοποιήσει αναζήτηση με λέξεις-κλειδιά.
4. **Offers**
Παρουσιάζει τα προϊόντα του καταστήματος που είναι σε προσφορά, καθώς και κατάλληλες πληροφορίες, όπως το ποσοστό έκπτωσης, την αρχική και την τελική τιμή του προϊόντος.
5. **Support**
Παρέχει πληροφορίες για υποστήριξη, όπως τρόπους επικοινωνίας με την εξυπηρέτηση πελατών.

6. About Us

Περιέχει πληροφορίες για την εφαρμογή και την ομάδα ανάπτυξης.



Εικόνα 30: Μενού πλοήγησης της εφαρμογής του ανεπτυγμένου συστήματος.

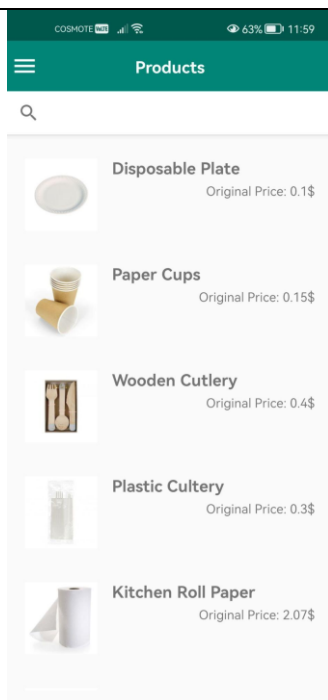
4.3.5.4.4 Οθόνη «Products»

Η οθόνη Products της εφαρμογής παρέχει στους χρήστες πρόσβαση σε όλα τα διαθέσιμα προϊόντα του καταστήματος (δείτε Εικόνα 31). Η σχεδίασή της επικεντρώνεται στην παρουσίαση των προϊόντων με εύληπτο και οργανωμένο τρόπο, ώστε ο χρήστης να μπορεί εύκολα να βρει τις πληροφορίες που χρειάζεται. Η οθόνη αποτελείται από μία μπάρα αναζήτησης και από μία μεγάλη λίστα προϊόντων, όπου κάθε προϊόν εμφανίζεται ως ξεχωριστό αντικείμενο. Αν και δεν υπάρχουν ξεκάθαρες κατηγορίες, τα προϊόντα που ανήκουν στην ίδια γενική κατηγορία (π.χ. ξύλινα και πλαστικά μαχαιροπήρουνα) εμφανίζονται συνεχόμενα, ώστε να διευκολύνουν την εύρεση αλλά και τη σύγκριση μεταξύ τους. Κάθε προϊόν περιλαμβάνει βασικές πληροφορίες όπως:

- Όνομα Προϊόντος
- Τιμή
- Εικόνα

Αν η λίστα είναι μεγάλη, ενεργοποιείται κύλιση (scroll), με δυνατότητα δυναμικής φόρτωσης επιπλέον προϊόντων, καθώς ο χρήστης κατεβαίνει στη λίστα.

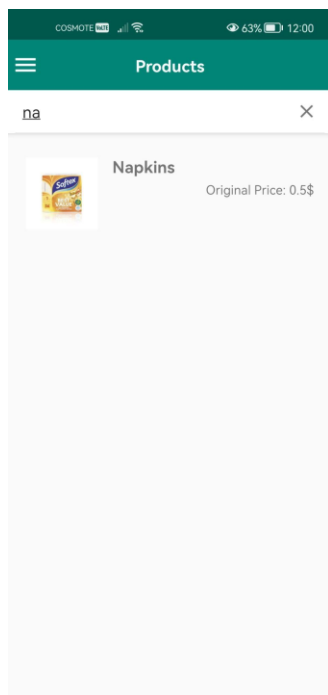
Διπλωματική εργασία: Έξυπνο Καλάθι Αγοράς με Προηγμένες Ικανότητες Κοστολόγησης & Ελέγχου Περιεχομένου



Εικόνα 31: Οθόνη “Products” της εφαρμογής του ανεπτυγμένου συστήματος.

Παρακάτω παραθέτουμε ένα παράδειγμα αναζήτησης προϊόντος, όπου κάθε φορά που εισάγεται κάποιος χαρακτήρας, εμφανίζονται όλα τα σχετικά προϊόντα που ταιριάζουν με την τρέχουσα είσοδο του χρήστη (δείτε Εικόνα 32):

Διπλωματική εργασία: Έξυπνο Καλάθι Αγοράς με Προηγμένες Ικανότητες Κοστολόγησης & Ελέγχου Περιεχομένου



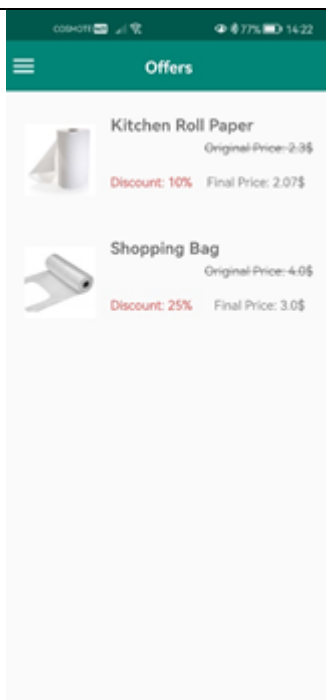
Εικόνα 32: Αναζήτηση προϊόντος στην οθόνη “Products” της εφαρμογής του ανεπτυγμένου συστήματος.

4.3.5.4.5 Οθόνη «Offers»

Η οθόνη **Offers** της εφαρμογής παρέχει στους χρήστες μια συγκεντρωτική λίστα με όλα τα προϊόντα που βρίσκονται σε έκπτωση (δείτε Εικόνα 33). Η σχεδίασή της δίνει έμφαση στην ανάδειξη των προσφορών, διευκολύνοντας τον χρήστη να εντοπίσει προϊόντα που πωλούνται σε μειωμένες τιμές. Η οθόνη αποτελείται από μία λίστα με τα προϊόντα που βρίσκονται σε έκπτωση και περιλαμβάνει βασικές πληροφορίες όπως:

- Όνομα προϊόντος
- Εικόνα προϊόντος
- Αρχική τιμή (διαγραμμένη)
- Ποσοστό έκπτωσης
- Νέα μειωμένη τιμή

Αν η λίστα είναι μεγάλη, ενεργοποιείται κύλιση (scroll), με δυνατότητα δυναμικής φόρτωσης επιπλέον προϊόντων, αν υπάρχουν πολλές προσφορές.



Εικόνα 33: Οθόνη “Offers” της εφαρμογής του ανεπτυγμένου συστήματος.

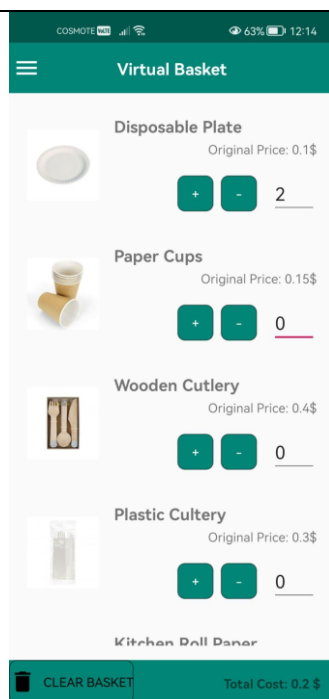
4.3.5.4.6 Οθόνη «Virtual Basket»

Η οθόνη **Virtual Basket** επιτρέπει στους χρήστες να δημιουργήσουν και να διαχειριστούν ένα εικονικό καλάθι, προσθέτοντας προϊόντα από τη βάση δεδομένων της εφαρμογής (δείτε Εικόνα 34). Οι χρήστες μπορούν να επιλέξουν την ποσότητα για κάθε προϊόν (από όλα τα διαθέσιμα) και να δουν σε πραγματικό χρόνο το συνολικό κόστος του εικονικού καλαθιού. Σε περίπτωση, που ο χρήστης εγκαταλείψει την οθόνη και επιθυμεί να την επιλέξει ξανά, τότε η εφαρμογή φροντίζει να έχει αποθηκεύσει τις αλλαγές που είχε πραγματοποιήσει. Επίσης παρέχεται στο χρήστη η δυνατότητα να αδειάσει το καλάθι του με κατάλληλο κουμπί. Η οθόνη περιλαμβάνει τα εξής στοιχεία:

- Όνομα προϊόντος.
- Εικόνα προϊόντος.
- Τιμή ανά μονάδα.
- Πεδίο επιλογής ποσότητας.
- Κουμπιά “+” και “-” για αύξηση ή μείωση της ποσότητας.
- Κουμπί αδειάσματος εικονικού καλαθιού.
- Συνολικό κόστος του εικονικού καλαθιού σε πραγματικό χρόνο.

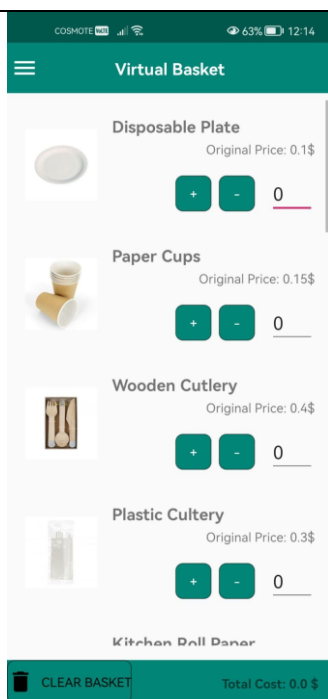
Τα παραπάνω στοιχεία σχετίζονται με όλα τα προϊόντα του καταστήματος που είναι διαθέσιμα. Επειδή το εικονικό καλάθι αποθηκεύεται, όταν ξαναφορτώνεται, η ποσότητα επιλεγμένων προϊόντων φαίνεται εμφανώς στον χρήστη.

Διπλωματική εργασία: Έξυπνο Καλάθι Αγοράς με Προηγμένες Ικανότητες Κοστολόγησης & Ελέγχου Περιεχομένου



Εικόνα 34: Οθόνη “Virtual Basket” της εφαρμογής του ανεπτυγμένου συστήματος.

Παρακάτω παρατίθεται η κατάσταση του εικονικού καλάθιού μετά το πάτημα του κουμπιού “CLEAR BASKET” (δείτε Εικόνα 35) (όπου αναμένουμε πως όλες οι μη μηδενικές ποσότητες σε ορισμένα προϊόντα που έχουν επιλεγεί από τον χρήστη να μηδενιστούν):



Εικόνα 35: Οθόνη “Virtual Basket” της εφαρμογής του ανεπτυγμένου συστήματος μετά το πάτημα του κουμπιού “CLEAR BASKET”.

4.3.6 Ανάπτυξη RESTful API του Συστήματος

4.3.6.1 Γλώσσα και Πλαίσια Προγραμματισμού

Κατά τη διαδικασία ανάπτυξης του RESTful API του συστήματος, επιλέχθηκε η χρήση της γλώσσα προγραμματισμού Java. Η Java επιλέχθηκε λόγω της ευρείας αποδοχής και της σταθερότητάς της, καθώς επίσης και για την ευελιξία και την ασφάλεια που προσφέρει. Η χρήση της Java επέτρεψε την ανάπτυξη ενός σταθερού και αποδοτικού συστήματος, το οποίο μπορεί να εκτελείται απροβλημάτιστα σε διάφορες πλατφόρμες.

Ως πλαίσιο προγραμματισμού, επιλέξαμε το Spring Boot και το Hibernate. Το Spring Boot αποτελεί επέκταση του Spring Framework και είναι ειδικά σχεδιασμένο για την ανάπτυξη RESTful APIs, προσφέροντας εκτεταμένες δυνατότητες για τη δημιουργία εφαρμογών ιστού με τη γλώσσα Java. Παρέχει ενσωματωμένη υποστήριξη για τη διαχείριση αιτημάτων HTTP, τη δημιουργία RESTful υπηρεσιών και τη δομή των APIs με σαφή και οργανωμένο τρόπο. Επιπλέον, διαθέτει λειτουργικότητες, όπως την έκχυση εξαρτήσεων (dependency injection), τη διαχείριση εξαιρέσεων και την εύκολη ενσωμάτωση εξωτερικών συστημάτων, διευκολύνοντας έτσι την ανάπτυξη και συντήρηση της εφαρμογής.

Από την άλλη πλευρά, το Hibernate προσφέρει έναν προηγμένο μηχανισμό αντικείμενο-σχεσιακής αντιστοίχισης (ORM), επιτρέποντας την υψηλού επιπέδου διαχείριση

των δεδομένων στη βάση δεδομένων μέσω του χειρισμού αντίστοιχων αντικειμένων τομέα. Με αυτόν τον τρόπο, ο κώδικας γίνεται πιο απλός και λιγότερο πολύπλοκος, καθώς δεν απαιτείται η υλοποίηση της διασύνδεσης με τη βάση δεδομένων σε ένα χαμηλό επίπεδο αφαίρεσης. Με τη χρήση αυτών των εργαλείων, είναι δυνατή η ανάπτυξη εφαρμογών ιστού που είναι ταυτόχρονα αποδοτικές, επεκτάσιμες και ασφαλείς.

Η συνδυαστική χρήση του Spring Framework και του Hibernate βοήθησε στη δημιουργία μιας ισχυρής και ευέλικτης βάσης για το λογισμικό μας, επιτρέποντας την εύκολη ανάπτυξη, συντήρηση και επέκταση του συστήματος.

Συνολικά, η επιλογή αυτών των γλωσσών και πλαισίων προγραμματισμού αποδείχθηκε καίρια για την επιτυχή ανάπτυξη του λογισμικού μέρους του συστήματος, παρέχοντας την απαιτούμενη απόδοση, αξιοπιστία και ευελιξία.

Το API έχει οργανωθεί σε ένα τυπικό μοντέλο **MVC** (Model-View-Controller) (χωρίς όμως το View μέρος διότι η διεπαφή χρήστη έχει υλοποιηθεί με ξεχωριστό τρόπο εφόσον απευθύνεται σε κινητές συσκευές), το οποίο προσφέρει σαφή διαχωρισμό των λειτουργιών, επιτρέποντας την ευκολότερη συντήρηση και επεκτασιμότητα του συστήματος. Η δομή του API περιλαμβάνει τους παρακάτω φακέλους:

1. **Config**: Περιέχει τις ρυθμίσεις ασφαλείας και άλλες παραμετροποιήσεις.
 - *Security Configuration Class*: Εξασφαλίζει ασφαλείς συνδέσεις HTTP μέσω HTTPS και εφαρμόζει κανόνες ασφάλειας, όπως έλεγχος των IP που πραγματοποιούν αιτήματα τροποποίησης καλαθιού.
2. **Controller**: Περιλαμβάνει τους ελεγκτές που διαχειρίζονται τα HTTP αιτήματα και επιστρέφουν τις κατάλληλες απαντήσεις.
 - *Controller*: Ο κύριος ελεγκτής της εφαρμογής, που παρέχει μεθόδους, οι οποίες καλύπτουν τις λειτουργίες των πραγματικών καλαθιών, των προϊόντων και των εκπτώσεων. Όπως η αναζήτηση, η προσθήκη-αφαίρεση-επεξεργασία προϊόντων, καθώς και την κατάσταση των καλαθιών.
3. **Model**: Περιέχει τις οντότητες που αναπαριστούν τα δεδομένα του συστήματος.
 - *Products*: Αναπαριστά τα προϊόντα που διαχειρίζεται το σύστημα.
 - *Baskets*: Διαχειρίζεται τα καλάθια του καταστήματος.
 - *Offers*: Αναπαριστά τις προσφορές που υπάρχουν.
 - *BasketsProducts*: Διαχειρίζεται το περιεχόμενο των καλαθιών.
4. **Repository**: Διαχειρίζεται την επικοινωνία με τη βάση δεδομένων, αξιοποιώντας το **Spring Data JPA**.
 - *ProductRepository*: Παρέχει μεθόδους για την αποθήκευση, τροποποίηση και ανάκτηση προϊόντων.
 - *OffersRepository*: Παρέχει μεθόδους για την αποθήκευση, τροποποίηση και ανάκτηση προσφορών.
 - *BasketsRepository*: Παρέχει μεθόδους για την αποθήκευση, τροποποίηση και ανάκτηση καλαθιών.
 - *BasketsProductsRepository*: Παρέχει μεθόδους για την αποθήκευση, τροποποίηση και ανάκτηση των προϊόντων που βρίσκονται μέσα σε καλάθια.

5. **Service:** Υλοποιεί τη λογική της εφαρμογής, διαχωρίζοντας τη διαχείριση δεδομένων από τους ελεγκτές.
 - *Service:* Υλοποιεί τη λογική που σχετίζεται με τα προϊόντα, όπως η δημιουργία ή η τροποποίηση τους.

Οι βιβλιοθήκες που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξη της εφαρμογής περιλαμβάνουν:

1. **Spring Boot**²⁷
 - Παρέχει ένα ισχυρό πλαίσιο για τη δημιουργία RESTful APIs.
 - Υποστηρίζει λειτουργίες, όπως η διαχείριση αιτημάτων, η εξασφάλιση ασφαλών συνδέσεων και η εύκολη διαχείριση βάσεων δεδομένων.
2. **Spring Security**²⁸
 - Χρησιμοποιείται για την υλοποίηση ασφαλείας, όπως η κρυπτογράφηση δεδομένων και η διαχείριση χρηστών.
3. **Hibernate (JPA)**²⁹
 - Παρέχει αντικείμενο - σχεσιακή αντιστοίχιση (ORM), διευκολύνοντας τη διαχείριση δεδομένων από τη βάση με τη χρήση αντικειμένων Java.
4. **Jakarta Validation**³⁰
 - Εξασφαλίζει την επικύρωση των δεδομένων εισόδου, αποτρέποντας την εισαγωγή μη έγκυρων δεδομένων από τους χρήστες.

4.3.6.2 Επιλογές εργαλείων – Βάσεων

4.3.6.2.1 Σχεσιακές Βάσεις Δεδομένων

Οι σχεσιακές βάσεις δεδομένων είναι ένας τύπος βάσης δεδομένων που οργανώνει τα δεδομένα σε πίνακες που σχετίζονται μεταξύ τους μέσω κλειδιών. Κάθε πίνακας αντιπροσωπεύει έναν τύπο δεδομένων και κάθε στήλη του πίνακα αντιστοιχεί σε ένα γνώρισμα αυτού του τύπου δεδομένων. Ένα ή παραπάνω γνωρίσματα συνθέτουν ένα κλειδί. Ένα κλειδί μπορεί να είναι πρωτεύον και να χαρακτηρίζει μοναδικά τα δεδομένα που περιλαμβάνει ένας πίνακας ή εξωτερικό και να αναφέρεται σε δεδομένα ενός άλλου πίνακα. Σημειώνουμε πως ένας πίνακας μπορεί να αντιστοιχεί σε ορισμένες περιπτώσεις σε μια σχέση μεταξύ τύπων δεδομένων / οντοτήτων, ειδικότερα αν η πληθικότητα της σχέσης είναι N:M.

Πλεονεκτήματα Σχεσιακών Βάσεων Δεδομένων:

- **Δομημένα Δεδομένα:** Τα δεδομένα οργανώνονται σε πίνακες, που καθιστά εύκολη την αναζήτηση και τη διαχείρισή τους.

²⁷ <https://docs.spring.io/spring-boot/docs/current/reference/html/>

²⁸ <https://docs.spring.io/spring-security/reference/index.html>

²⁹ <https://docs.spring.io/spring-security/reference/index.html>

³⁰ <https://jakarta.ee/specifications/bean-validation/3.0/jakarta-bean-validation-spec-3.0.html>

- *Ασφάλεια*: Παρέχουν μηχανισμούς ασφαλείας όπως οι περιορισμοί πρόσβασης και οι μετατροπές δεδομένων για προστασία της ακεραιότητας και της απορρήτου.
- *Συναλλαγές*: Υποστηρίζουν τις συναλλαγές, δηλαδή την εκτέλεση ομάδων εντολών δεδομένων με ατομικότητα για την εξασφάλιση συνέπειας των δεδομένων.
- *Ευέλικτη Εργασία*: Οι σχεσιακές βάσεις δεδομένων προσφέρουν ευέλικτα εργαλεία για τη διαχείριση των δεδομένων και των σχέσεων μεταξύ τους.

Οι σχεσιακές βάσεις δεδομένων παρέχουν ένα ισχυρό μοντέλο για την αποθήκευση και τη διαχείριση δεδομένων, επιτρέποντας την ευέλικτη πρόσβαση και αναζήτηση των πληροφοριών.

4.3.6.2.2 MYSQL

Η MySQL (Structured Query Language) αποτελεί μια από τις πιο διαδεδομένες σχεσιακές βάσεις δεδομένων στον κόσμο, με μια πολυετή ιστορία και ευρεία αποδοχή στην βιομηχανία του λογισμικού. Δημιουργήθηκε από τους Michael Widenius και David Axmark το 1995 και αρχικά αναπτύχθηκε ως ένα σύστημα βάσης δεδομένων για ανάγκες προσωπικής χρήσης. Ωστόσο, με τον καιρό, έγινε ευρέως διαδεδομένη και αποτελεί σήμερα τμήμα του οικοσυστήματος της Oracle Corporation, η οποία εξαγόρασε την MySQL AB το 2008.[†]

Η MySQL χρησιμοποιείται από μια ευρεία γκάμα εφαρμογών, από μικρές ιστοσελίδες μέχρι μεγάλες επιχειρήσεις, λόγω της αξιοπιστίας, της απόδοσης και της ευελιξίας της. Ανάμεσα στις διακεκριμένες πλατφόρμες και εφαρμογές που χρησιμοποιούν MySQL περιλαμβάνονται η WordPress, το Facebook, το Twitter, το YouTube και πολλές άλλες.^υ

Η αξιοπιστία και η απόδοση της MySQL οφείλονται σε διάφορους μηχανισμούς που ενσωματώνονται στο σύστημά της. Περιλαμβάνει την υποστήριξη διαφορετικών μηχανισμών αποθήκευσης, όπως MyISAM, InnoDB και MEMORY, καθώς και τη δυνατότητα αντιγραφής ασφαλείας δεδομένων και αυτόματης ανάκτησης.^ν

Επιπλέον, η MySQL είναι γνωστή για την εύκολη εγκατάσταση και διαχείρισή της, καθιστώντας την προτιμώμενη επιλογή για πολλούς προγραμματιστές και διαχειριστές βάσεων δεδομένων. Η συνεχής ανάπτυξη και υποστήριξη της κοινότητας ανοικτού κώδικα της MySQL συνεισφέρει στη βελτίωση και την εξέλιξή της. Η MySQL υποστηρίζει επίσης πολλές γλώσσες προγραμματισμού, όπως Java, Python, PHP και C++.

4.3.6.2.3 PostgreSQL

Η PostgreSQL είναι ένα πανίσχυρο σύστημα διαχείρισης βάσεων δεδομένων (DBMS) που προσφέρει αξιόπιστη αποθήκευση δεδομένων και πλούσιες λειτουργίες. Ξεκίνησε ως ένα έργο λογισμικού (project) το 1986 στο Πανεπιστήμιο της Καλιφόρνια και απέκτησε μεγάλη δημοτικότητα χάρη στην ανοικτή της φύση και την ευελιξία της.^ω

Ξεκίνησε ως προέκταση του προσχεδίου Ingres στο πανεπιστήμιο της Καλιφόρνια. Αργότερα, το project μετονομάστηκε σε Postgres, και στη συνέχεια σε PostgreSQL για να αποδίδει την υποστήριξη που παρέχει στην SQL. Η ανάπτυξη της PostgreSQL συνεχίστηκε από την κοινότητα ανοικτού κώδικα, και σήμερα αποτελεί ένα από τα πλέον αξιόπιστα και ευέλικτα DBMS.

Η PostgreSQL υποστηρίζει μια πληθώρα μηχανισμών που την καθιστούν κατάλληλη για μεγάλες και πολύπλοκες βάσεις δεδομένων. Ανάμεσά τους, συμπεριλαμβάνονται οι μηχανισμοί ανάγνωσης και εγγραφής δεδομένων, οι διαχειριστικές λειτουργίες, η ασφάλεια και η αποκατάσταση δεδομένων.

Η PostgreSQL χρησιμοποιείται ευρέως από διάφορες εφαρμογές και πλατφόρμες λόγω της αξιοπιστίας και της ευελιξίας της. Μερικές δημοφιλείς εφαρμογές που χρησιμοποιούν PostgreSQL περιλαμβάνουν το Reddit, το Instagram και το Skype.

Τέλος προσφέρει υποστήριξη για γλώσσες προγραμματισμού, όπως οι Python, Java, και C/C++, καθιστώντας την επιλογή πολλών προγραμματιστών και εφαρμογών που αναπτύσσονται σε αυτές τις γλώσσες.

4.3.6.2.4 MariaDB

Η MariaDB είναι μια ισχυρή σχεσιακή βάση δεδομένων που αποτελεί παρακλάδι της MySQL και άρα προσφέρει πολλές παρόμοιες λειτουργίες με τη MySQL. Αναπτύχθηκε μετά την εξαγορά της MySQL AB από την Oracle Corporation το 2009, με σκοπό να διατηρήσει το ανοικτό και ελεύθερο χαρακτήρα της MySQL και να παράγει μια πιο διαχρονική και κοινοτική πλατφόρμα βάσης δεδομένων.

Η MariaDB ιδρύθηκε από τον Michael "Monty" Widenius, ο οποίος είχε επίσης ιδρύσει την MySQL AB. Ο Widenius ανησυχούσε για τη μελλοντική κατεύθυνση της MySQL υπό την ιδιοκτησία της Oracle, και για αυτόν τον λόγο ξεκίνησε το έργο MariaDB. Η MariaDB έχει εξελιχθεί σε ένα πολύ δημοφιλές σύστημα διαχείρισης βάσεων δεδομένων με μια ζωντανή κοινότητα (ανοικτού κώδικα) πίσω της.^x

Πολλοί μηχανισμοί από αυτούς που χρησιμοποιεί η MariaDB είναι ίδιοι με της MySQL, συμπεριλαμβανομένης της μηχανής αποθήκευσης InnoDB για την υποστήριξη των συναλλαγών και της ACID (Atomicity Consistency Isolation Durability) συμμόρφωσης.

Τέλος, η MariaDB χρησιμοποιείται ευρέως από πολλές εφαρμογές και πλατφόρμες λόγω της συμβατότητάς της με τη MySQL και της υψηλής της απόδοσης και αξιοπιστίας. Μερικές από τις δημοφιλείς εφαρμογές και πλατφόρμες που χρησιμοποιούν MariaDB περιλαμβάνουν τη Wikipedia, Booking και το Google Cloud. Η MariaDB, όπως η MySQL και η PostgreSQL, υποστηρίζει διάφορες γλώσσες προγραμματισμού, συμπεριλαμβανομένων των Java, Python και PHP.

4.3.6.2.5 Σύγκριση και Επιλογή Βάσεων

- **Απόδοση** **και** **Σταθερότητα:**

Η MySQL είναι γνωστή για την εξαιρετική της απόδοση σε εφαρμογές που απαιτούν γρήγορη ανάκτηση δεδομένων και αποτελεσματική διαχείριση μεγάλων όγκων. Αν και η MariaDB ενσωματώνει βελτιώσεις απόδοσης και νέες λειτουργίες, η σταθερότητα της MySQL παραμένει αδιαμφισβήτητη, κάτι που την καθιστά πιο κατάλληλη για παραγωγικά περιβάλλοντα που απαιτούν απόλυτη αξιοπιστία. Η PostgreSQL, αν και προσφέρει εξαιρετική σταθερότητα, επικεντρώνεται κυρίως στη διαχείριση περίπλοκων ερωτημάτων και πιο εξελιγμένων χαρακτηριστικών, κάτι που δεν απαιτείται σε όλες τις περιπτώσεις.

Συμπέρασμα:

Η MySQL υπερέχει σε απόδοση και σταθερότητα, προσφέροντας την πιο αξιόπιστη λύση για την πλειονότητα των εφαρμογών, αν και η MariaDB παραμένει μια πολύ καλή εναλλακτική σε όρους απόδοσης.

- **Ευελιξία** **και** **Δυνατότητες:**

Η PostgreSQL είναι η πιο ευέλικτη βάση δεδομένων, προσφέροντας υποστήριξη για μια μεγάλη ποικιλία τύπων δεδομένων και εξελιγμένων λειτουργιών, γεγονός που την καθιστά κατάλληλη για πολύπλοκες εφαρμογές που απαιτούν εξατομίκευση. Από την άλλη πλευρά, η MySQL είναι ιδιαίτερα ευέλικτη στην διαχείριση διαφορετικών εφαρμογών και υποστηρίζει ευρύ φάσμα εργαλείων, αλλά χωρίς την πολυπλοκότητα της PostgreSQL. Η MariaDB παραμένει κοντά στη φιλοσοφία της MySQL, προσφέροντας βελτιώσεις απόδοσης και νέες δυνατότητες, αλλά η απλότητά της και η συμβατότητά της με τη MySQL την καθιστούν λιγότερο διαφοροποιημένη.

Συμπέρασμα:

Η MySQL κερδίζει σε ευελιξία όταν εξετάσουμε την ισορροπία μεταξύ λειτουργικότητας και απλότητας για τις περισσότερες εφαρμογές. Η PostgreSQL υπερέχει σε εξειδικευμένα σενάρια, αλλά για τα περισσότερα έργα, η MySQL προσφέρει τις απαιτούμενες δυνατότητες χωρίς την ανάγκη για πρόσθετη πολυπλοκότητα.

- **Υποστήριξη** **και** **Κοινότητα:**

Η MySQL είναι η πιο δημοφιλής βάση δεδομένων και διαθέτει τη μεγαλύτερη κοινότητα χρηστών και προγραμματιστών. Αυτή η ευρεία αποδοχή της εξασφαλίζει συνεχή υποστήριξη, πόρους και εργαλεία, γεγονός που τη καθιστά την πιο αξιόπιστη επιλογή για την υποστήριξη ενός συστήματος σε παραγωγή. Η PostgreSQL, αν και διαθέτει μια ισχυρή και εξειδικευμένη κοινότητα, δεν προσφέρει την ίδια έκταση υποστήριξης και πόρων όσο η MySQL. Η MariaDB, ενώ έχει αναπτύξει τη δική της κοινότητα και έχει θετική υποστήριξη, παραμένει πιο περιορισμένη σε σχέση με τη MySQL.

Συμπέρασμα:

Η MySQL κερδίζει ξεκάθαρα λόγω της μεγάλης κοινότητας και του πλούσιου οικοσυστήματος εργαλείων και υποστήριξης που διαθέτει, προσφέροντας καλύτερη υποστήριξη σε παραγωγικά περιβάλλοντα.

Επιλογή Βάσης Δεδομένων:

Μετά την αξιολόγηση των παραπάνω χαρακτηριστικών, η MySQL επιλέχθηκε ως η καταλληλότερη βάση δεδομένων για την υλοποίηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Η απόφαση αυτή βασίστηκε στην ισορροπία που προσφέρει μεταξύ απόδοσης, σταθερότητας και ευκολίας χρήσης, καθώς και στη μεγάλη υποστήριξη που διαθέτει η βάση αυτή. Η MySQL παρέχει όλα τα απαραίτητα εργαλεία για την αξιόπιστη διαχείριση των δεδομένων που θα συλλεχθούν και θα αποθηκευτούν στο σύστημα, ενώ παράλληλα διασφαλίζει την εύκολη επεκτασιμότητα και την προσαρμογή στις μελλοντικές ανάγκες του έργου.

4.3.6.2.6 Εργαλεία Ανάπτυξης Κώδικα

Για την ανάπτυξη του API χρησιμοποιήθηκε το Visual Studio Code (VS Code)³¹. Το Visual Studio Code αναπτύχθηκε από την Microsoft και κυκλοφόρησε για πρώτη φορά το 2015. Αποτελεί ένα ελαφρύ, αλλά ισχυρό περιβάλλον ανάπτυξης που παρέχει πληθώρα λειτουργιών και εργαλείων για τη δημιουργία λογισμικού. Παρέχει αρκετές επεκτάσεις (extensions), οι οποίες είναι βοηθητικές στην ανάπτυξη ενός API, όπως η επέκταση «Spring Boot Extension Pack», με αυτόματη συμπλήρωση κώδικα, τη διαχείριση εξαρτήσεων (dependencies) και πολλά άλλα.

Το εργαλείο, το οποίο επιλέχθηκε για την δημιουργία της βάσης είναι το phpmyAdmin³². Το phpmyAdmin είναι ένα φιλικό περιβάλλον για τη δημιουργία και την διαχείριση βάσεων δεδομένων MySQL μέσω φυλλομετρητή. Το phpmyAdmin ξεκίνησε το 1998 από τον Tobias Ratschiller ως ένα προσωπικό έργο λογισμικού. Αρχικά, δημιουργήθηκε για την διευκόλυνση της διαχείρισης μίας δυναμικής ιστοσελίδας που βασίζεται σε μια υποκείμενη MySQL βάση δεδομένων. Το έργο αρχικά δεν είχε κάποια συγκεκριμένη ονομασία, αλλά στη συνέχεια αποκαλέστηκε phpMyAdmin ως αναγνώριση του γεγονότος ότι γράφτηκε σε PHP και ήταν σχεδιασμένο για τον διαχειριστή (administrator) της MySQL.

³¹ <https://code.visualstudio.com/>

³² <https://www.phpmyadmin.net/>

4.3.6.3 Ασφάλεια Συστήματος

4.3.6.3.1 Εξασφάλιση Ασφαλούς Μετάδοσης Δεδομένων με HTTPS

Η χρήση του πρωτοκόλλου HTTPS (Hypertext Transfer Protocol Secure) αποτελεί θεμέλιο για την ασφάλεια της επικοινωνίας μεταξύ του συστήματος και των χρηστών του, είτε αυτοί προέρχονται από την εφαρμογή κινητού (APP) είτε από το καλάθι του χρήστη (Raspberry Pi Pico). Εφόσον τα δεδομένα που ανταλλάσσονται μέσω του API περιλαμβάνουν ευαίσθητες πληροφορίες, όπως τα στοιχεία των προϊόντων και του χρήστη, η προστασία αυτών από πιθανές επιθέσεις είναι απαραίτητη.

Ένα από τα κύρια προβλήματα που δημιουργούνται όταν δεν χρησιμοποιείται HTTPS είναι η διαρροή δεδομένων. Χρησιμοποιώντας το πρωτόκολλο HTTP (χωρίς ασφάλεια), τα δεδομένα μεταδίδονται σε απλό κείμενο, πράγμα που καθιστά εύκολη την υποκλοπή τους από επιθέσεις τύπου **Man-in-the-Middle** (MITM). Στην περίπτωση αυτή, οποιοσδήποτε κακόβουλος χρήστης ή διακομιστής που βρίσκεται στη διαδρομή του δικτύου μπορεί να αποκτήσει πρόσβαση σε ευαίσθητα δεδομένα, όπως πληροφορίες προϊόντων ή προσωπικά στοιχεία των χρηστών. Επομένως, χωρίς HTTPS, η σύνδεση δεν προστατεύεται από κρυπτογράφηση, και έτσι τα αιτήματα μπορούν να αλλοιωθούν κατά τη διάρκεια της μεταφοράς.

Επιπλέον, το HTTP δεν παρέχει καμία εγγύηση για την αυθεντικότητα του διακομιστή, γεγονός που ανοίγει την πόρτα σε επιθέσεις **Spoofing**, όπου ένας επιτιθέμενος προσποιείται ότι είναι ο έγκυρος διακομιστής.

Για την αποφυγή αυτών των κινδύνων, το σύστημα μας χρησιμοποιεί αποκλειστικά HTTPS για όλα τα αιτήματα. Αυτό εξασφαλίζει ότι όλα τα δεδομένα που αποστέλλονται από το καλάθι ή την εφαρμογή κινητού προς το API είναι κρυπτογραφημένα, προστατεύοντας τα από υποκλοπή ή αλλοίωση κατά τη διάρκεια της μετάδοσης. Η χρήση της τελευταίας έκδοσης (1.3) TLS (Transport Layer Security) για την κρυπτογράφηση εξασφαλίζει τη μυστικότητα των δεδομένων και την ακεραιότητά τους, κάνοντάς τα αδιάβαστα και αμετάβλητα για κάθε τρίτο. Επιπλέον, αυθεντικοποιεί το ένα μέρος της επικοινωνίας, τον εξυπηρετητή, εξασφαλίζοντας πως ο πελάτης επικοινωνεί με τον σωστό εξυπηρετητή και όχι κάποιο κακόβουλο ενδιάμεσο.

Η χρήση του HTTPS έχει σημαντικά πλεονεκτήματα για το σύστημα. Πρώτον, προστατεύει τα δεδομένα από επιθέσεις υποκλοπής, εξασφαλίζοντας ότι τα προσωπικά δεδομένα και τα στοιχεία των χρηστών παραμένουν εμπιστευτικά. Δεύτερον, διασφαλίζει ότι τα δεδομένα δεν μπορούν να αλλοιωθούν κατά τη μετάδοσή τους, ενισχύοντας την ακεραιότητα των πληροφοριών.

Συνολικά, η υιοθέτηση του HTTPS σε όλα τα αιτήματα API είναι ένα κρίσιμο μέτρο για την προστασία των δεδομένων και τη διασφάλιση της ασφάλειας του συστήματος, ενισχύοντας την αξιοπιστία του και προφυλάσσοντας τον χρήστη και το σύστημα από πιθανές επιθέσεις.

4.3.6.3.2 Προστασία από Επιθέσεις SQL Injection

Για την ενίσχυση της ασφάλειας του συστήματος, η βάση δεδομένων έχει διαμορφωθεί ώστε να μην είναι προσβάσιμη από το τοπικό δίκτυο, περιορίζοντας την πρόσβαση αποκλειστικά μέσω του API. Επιπλέον, το API συνδέεται με τη βάση χρησιμοποιώντας έναν μη διαχειριστικό χρήστη που έχει περιορισμένα δικαιώματα, αποκλειστικά στη συγκεκριμένη βάση δεδομένων που διαχειρίζεται το API. Αυτό διασφαλίζει ότι ακόμα και αν παραβιαστεί το API, ο επιτιθέμενος δεν θα αποκτήσει διαχειριστικά προνόμια. Παράλληλα, ο διαχειριστικός χρήστης της βάσης δεδομένων δεν διαθέτει προκαθορισμένα διαπιστευτήρια, ενισχύοντας περαιτέρω την ασφάλεια του συστήματος.

Η ασφάλεια του συστήματος έχει σχεδιαστεί από την αρχή για να αποτρέπει επιθέσεις SQL Injection, ενσωματώνοντας ισχυρούς μηχανισμούς προστασίας στο σχεδιασμό του. Η υλοποίηση του API έγινε χρησιμοποιώντας το Java Spring Framework και το ORM (Object-Relational Mapping)⁹ μέσω του JPA (Java Persistence API). Το ORM εξασφαλίζει ότι όλες οι αλληλεπιδράσεις με τη βάση δεδομένων πραγματοποιούνται με ασφαλή και βέλτιστο τρόπο, αποφεύγοντας τη χρήση χειροκίνητων SQL ερωτημάτων, τα οποία είναι επιρρεπή σε επιθέσεις τύπου SQL Injection.

Αυτή η προσέγγιση εντάσσεται στην στρατηγική «Προστασία κατά τον Σχεδιασμό» (Security by Design) όπου οι μηχανισμοί ασφαλείας ενσωματώνονται στο σύστημα από την αρχή της ανάπτυξής του, καθιστώντας την ασφάλεια θεμελιώδη παράμετρο του σχεδιασμού και όχι μεταγενέστερη προσθήκη. Με το ORM, η βάση δεδομένων δεν εκτίθεται σε κακόβουλες εισαγωγές δεδομένων, καθώς η όλη διαδικασία της αποθήκευσης και ανάκτησης δεδομένων πραγματοποιείται μέσω ασφαλών API και όχι μέσω ελεύθερης σύνταξης SQL εντολών.

Αξιοσημείωτο είναι ότι το ORM διαχειρίζεται το κλείδωμα των ερωτημάτων (queries) και την αποφυγή οι παράμετροι εισόδου να οδηγούν στην εκτέλεση αυθαίρετου κώδικα SQL. Όταν τα δεδομένα εισάγονται στην εφαρμογή μέσω του API, οποιαδήποτε είσοδος που θα μπορούσε να αποτελέσει απειλή για την ασφάλεια (όπως τα αρνητικά ή επικίνδυνα δεδομένα) φιλτράρεται και ελέγχεται. Έτσι, η χρήση του ORM δεν περιορίζεται μόνο στην αποδοτικότητα της βάσης δεδομένων, αλλά και στην ενίσχυση της ασφάλειας του συστήματος.

Επιπλέον, η αυστηρή πολιτική ελέγχου εισόδων που εφαρμόστηκε για την είσοδο στο σύστημα μέσω της εφαρμογής και ο καθαρισμός των δεδομένων στο APP πριν προωθηθούν στο API, εξαλείφουν τον κίνδυνο επίθεσης SQL Injection που θα μπορούσε να προκύψει από κακόβουλες προσθήκες ή τροποποιήσεις δεδομένων.

Με αυτόν τον τρόπο, το σύστημα προστατεύεται αποτελεσματικά από την αρχή, καθιστώντας την εφαρμογή ισχυρή και ασφαλή έναντι επιθέσεων SQL Injection, ενώ διασφαλίζεται η ενσωματωμένη ασφάλεια και η συμμόρφωση με τις καλύτερες πρακτικές Security by Design.

4.3.6.3.3 Πολιτική Πρόσβασης στις Λειτουργίες Καλαθιών με Εξουσιοδοτημένες IP Διευθύνσεις

Ένα από τα βασικά θέματα ασφαλείας που καλύπτει το σύστημα είναι ο περιορισμός πρόσβασης στις λειτουργίες τροποποίησης του περιεχομένου των καλαθιών, όπως η προσθήκη ή η αφαίρεση προϊόντων. Για την εξασφάλιση της ακεραιότητας και της ασφάλειας αυτών των λειτουργιών, το σύστημα εφαρμόζει μια αυστηρή πολιτική επιτρεπτών IP και MAC διευθύνσεων.

Η υλοποίηση αυτή βασίζεται σε έναν κατάλογο επιτρεπτών IP και MAC διευθύνσεων που αντιστοιχούν στα καλάθια του καταστήματος, καθώς και στα συγκεκριμένα URL endpoints που σχετίζονται με τις τροποποιήσεις των καλαθιών για την κάλυψη ενδεχομένου παραβίασης μίας επιτρεπτής συσκευής του συστήματος. Κάθε αίτημα για τροποποίηση του περιεχομένου κάποιου καλαθιού, όπως η προσθήκη ή αφαίρεση προϊόντων, γίνεται αποδεκτό μόνο εάν προέρχεται από μία από τις καταχωρημένες επιτρεπτές IP και MAC διευθύνσεις του καταστήματος. Τέλος, το σύστημα φιλοξενεί τόσο τα καλάθια όσο και το API σε ένα απομονωμένο ιδιωτικό δίκτυο. Έτσι η MAC διεύθυνση κάθε καλαθιού παραμένει μη ανιχνεύσιμη από κακόβουλους χρήστες, καθώς οι πελάτες συνδέονται σε ένα ξεχωριστό δημόσιο δίκτυο, αποφεύγοντας τη πλαστοπροσωπία στο επίπεδο MAC.

Αυτός ο μηχανισμός προστατεύει το σύστημα από κακόβουλες προσπάθειες τροποποίησης των καλαθιών από μη εξουσιοδοτημένα άτομα, περιορίζοντας την πρόσβαση στις κρίσιμες λειτουργίες του συστήματος σε ελεγχόμενα δίκτυα και εξασφαλίζοντας ότι μόνο τα εξουσιοδοτημένα τερματικά (όπως τα τερματικά των καλαθιών) έχουν τη δυνατότητα να τροποποιούν το περιεχόμενο των καλαθιών.

Η ενσωμάτωσή αυτής της πολιτικής επιτρέπει στο σύστημα να περιορίσει τους κινδύνους παραβίασης ή κακόβουλης τροποποίησης των δεδομένων, καθώς διασφαλίζεται ότι μόνο εξουσιοδοτημένες συσκευές που ανήκουν στα καλάθια του καταστήματος μπορούν να επικοινωνούν με το API και να εκτελούν κρίσιμες ενέργειες, όπως η τροποποίηση των καλαθιών.

Αυτή η προσέγγιση προσφέρει μια ισχυρή γραμμή άμυνας κατά της επιτυχίας κακόβουλων επιθέσεων και ενισχύει την συνολική ασφάλεια του συστήματος. Η προστασία που παρέχεται μέσω αυτής της διαδικασίας εντάσσεται στη στρατηγική **Security by Design**, η οποία διασφαλίζει από την αρχή ότι όλες οι λειτουργίες του συστήματος προστατεύονται και υλοποιούνται με αυστηρές πολιτικές ελέγχου πρόσβασης.

4.3.6.3.4 Μηχανισμός Επιβεβαίωσης Σύνδεσης για Ασφαλή Πρόσβαση στο Καλάθι

Η διαδικασία σύνδεσης ενός χρήστη σε ένα καλάθι καταστήματος βασίζεται στην αρχή της επικύρωσης μέσω QR code. Αν και αυτή η μέθοδος είναι βολική και ταχεία, ενέχει τον κίνδυνο κακόβουλης χρήσης. Συγκεκριμένα, ένας επιτήδειος χρήστης θα μπορούσε να φωτογραφίσει το QR code και να προσπαθήσει να συνδεθεί με το καλάθι χωρίς να έχει τη συγκατάθεση του πραγματικού χρήστη. Μία τέτοια επίθεση θα μπορούσε να δημιουργήσει

προβλήματα, όπως η υπερφόρτωση του συστήματος με πολλαπλές ανεπιθύμητες προσπάθειες σύνδεσης (δηλαδή "ασυνδεσίες"), καθώς το σύστημα θα προσπαθεί να διαχειριστεί τις επαναλαμβανόμενες αιτήσεις από κακόβουλους χρήστες. Τέτοιες καταστάσεις μπορεί να προκαλέσουν καθυστερήσεις, να εξαντλήσουν τους πόρους του συστήματος ή ακόμα και να οδηγήσουν σε πρόσβαση σε ευαίσθητα δεδομένα του καλαθιού, αφού το σύστημα δεν θα μπορεί να ξεχωρίσει μεταξύ των νόμιμων και των κακόβουλων αιτήσεων.

Για την αποφυγή αυτού του κινδύνου, αναπτύξαμε μια μέθοδο επικύρωσης που περιλαμβάνει μια επιπλέον ασφαλιστική δικλείδα πριν τη σύνδεση του χρήστη. Πιο συγκεκριμένα, το σύστημα απαιτεί από τον χρήστη να σκανάρει το QR code και, επιπλέον, να πατήσει ένα κουμπί στο καλάθι για να ενεργοποιηθεί η δυνατότητα σύνδεσης. Αυτός ο μηχανισμός εγγυάται ότι η σύνδεση με το καλάθι είναι έγκυρη μόνο όταν ο χρήστης επιβεβαιώσει τη σύνδεση με τη φυσική του ενέργεια (πάτημα του κουμπιού).

Αναλυτικότερα:

- Όταν ο χρήστης σκανάρει το QR code του καλαθιού, το σύστημα ελέγχει αν μια μεταβλητή ελέγχου έχει τιμή 1. Αν η μεταβλητή είναι 0, σημαίνει ότι ο χρήστης δεν έχει πατήσει το κουμπί για επιβεβαίωση και, ως εκ τούτου, η σύνδεση δεν επιτρέπεται. Σε αυτή την περίπτωση, το APP εμφανίζει μήνυμα στον χρήστη και επαναλαμβάνει το αίτημα σύνδεσης με το API κάθε 20 δευτερόλεπτα μέχρι να πατηθεί το κουμπί.
- Μόλις ο χρήστης πατήσει το κουμπί, η μεταβλητή ελέγχου αλλάζει σε 1, επιτρέποντας τη σύνδεση με το καλάθι. Κατά την ολοκλήρωση της σύνδεσης, η μεταβλητή αυτή ενημερώνεται σε 2, υποδεικνύοντας ότι το καλάθι είναι τώρα "κατειλημμένο" και κανένας άλλος χρήστης δεν μπορεί να συνδεθεί μαζί του μέχρι να ολοκληρωθεί η τρέχουσα διαδικασία.

Αυτός ο μηχανισμός προστασίας μειώνει σημαντικά την πιθανότητα κακόβουλης πρόσβασης σε καλάθια, καθώς διασφαλίζει ότι μόνο ο χρήστης που έχει ενεργά συμμετάσχει στη διαδικασία (σκανάροντας το QR code και πατώντας το κουμπί) μπορεί να συνδεθεί με το καλάθι και να αλληλεπιδράσει με αυτό. Επίσης, αποτρέπει την κατάχρηση του συστήματος από τρίτους που ενδέχεται να προσπαθήσουν να συνδεθούν με ένα καλάθι χωρίς έγκριση.

4.3.6.3.5 Ασφάλεια Δεδομένων μέσω Κρυπτογράφησης των RFID Ετικετών

Για την προστασία των δεδομένων και τη διασφάλιση ότι κάθε RFID ετικέτα αναγνωρίζεται με ασφάλεια από το καλάθι, εφαρμόσαμε κρυπτογράφηση στα μοναδικά αναγνωριστικά (IDs) των ετικετών, χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο AES-128 (Advanced Encryption Standard) σε λειτουργία ECB. Με αυτή την κρυπτογράφηση, κάθε αναγνωριστικό μετατρέπεται σε κρυπτογραφημένη μορφή και αποκρυπτογραφείται από το καλάθι όταν αυτό το λαμβάνει.

Ο λόγος επιλογής του AES-128 για τα RFID tags είναι η αποτελεσματικότητά του σε περιορισμένα σε πόρους συστήματα, καθώς παρέχει επαρκή ασφάλεια για τις ανάγκες της εφαρμογής χωρίς να απαιτεί μεγάλο υπολογιστικό φορτίο. Η λειτουργία ECB (Electronic Codebook) επιλέχθηκε για την απλότητά της, παρά το γεγονός ότι είναι πιο ευάλωτη σε επαναλαμβανόμενα μοτίβα δεδομένων, διότι τα IDs είναι μοναδικά και δεν περιλαμβάνουν επαναλαμβανόμενα πρότυπα. Επιπλέον, η απόσταση ανάγνωσης των RFID ετικετών είναι πολύ μικρή, γεγονός που καθιστά δύσκολη την εξ αποστάσεως επίθεση από έναν επιτιθέμενο που προσπαθεί να υποκλέψει τα δεδομένα. Ο αναγνώστης RFID πρέπει να βρίσκεται κοντά στην ετικέτα για να μπορέσει να την αναγνωρίσει, και αυτή η φυσική περιορισμένη απόσταση εξασφαλίζει ότι η πιθανότητα κακόβουλης υποκλοπής είναι πολύ χαμηλή.

Η χρήση κρυπτογράφησης εξασφαλίζει τα εξής:

- **Αποτροπή Υποκλοπών:** Ακόμη και αν ένας κακόβουλος χρήστης αναλύσει την επικοινωνία, δεν θα μπορέσει να αποκτήσει το πραγματικό αναγνωριστικό του προϊόντος χωρίς πρόσβαση στο κλειδί AES.
- **Ακεραιότητα Δεδομένων:** Οποιαδήποτε αλλαγή στα κρυπτογραφημένα δεδομένα θα αποτρέψει την ορθή αποκρυπτογράφηση του αναγνωριστικού, διασφαλίζοντας την ακεραιότητα των δεδομένων που διαχειρίζεται το σύστημα.
- **Αυθεντικοποίηση του Καλαθιού:** Μόνο τα εξουσιοδοτημένα καλάθια διαθέτουν το κλειδί αποκρυπτογράφησης, διασφαλίζοντας ότι η ταυτοποίηση των προϊόντων γίνεται μόνο από νόμιμες συσκευές, και αποτρέποντας την κατάχρηση των στοιχείων του προϊόντος.

Η ενσωμάτωση του AES-128 αποτελεί ουσιαστικό στοιχείο στην προστασία των δεδομένων του συστήματος από κακόβουλες ενέργειες, ενισχύοντας την ασφάλεια και την εμπιστευτικότητα των στοιχείων κάθε προϊόντος.

4.3.6.3.6 Προστασία από Κακόβουλη Συνεχή Αποστολή Αιτημάτων (Request Flooding)

Ένα από τα σημαντικά θέματα ασφάλειας που θα μπορούσε να επηρεάσει αρνητικά το σύστημά μας είναι η υπερβολική αποστολή αιτημάτων (request flooding) από κακόβουλους χρήστες. Σενάριο για αυτό το είδος επίθεσης θα μπορούσε να είναι η επαναλαμβανόμενη αποστολή αιτημάτων για την ανάκτηση της λίστας των προϊόντων του καταστήματος μέσω της εφαρμογής, κάτι που θα επιβάρυνε σημαντικά τη βάση δεδομένων μας και θα δημιουργούσε συμφόρηση στο σύστημα λόγω του μεγάλου όγκου δεδομένων που πρέπει να μεταφερθεί.

Αυτή η πρακτική μπορεί να έχει σοβαρές συνέπειες, όπως:

- **Καθυστέρηση στην Ανταπόκριση:** Το API θα επιβαρυνθεί από την αυξημένη ζήτηση και θα δυσκολεύεται να ανταποκριθεί σε έγκυρα αιτήματα άλλων χρηστών.
- **Κίνδυνος Μερικής ή Πλήρους Αδυναμίας Λειτουργίας:** Εάν οι αιτήσεις γίνουν υπερβολικά πολλές και συνεχείς, το σύστημα μπορεί να υπερφορτωθεί, προκαλώντας πλήρη ή μερική αποτυχία λειτουργίας της υπηρεσίας.

Για να προστατευτούμε από αυτό το ενδεχόμενο, θα ήταν σκόπιμο να εφαρμοστεί ένα τείχος προστασίας (firewall), ειδικά προσαρμοσμένο για την προστασία του API μας. Το τείχος προστασίας θα έχει τη δυνατότητα να παρακολουθεί τη συχνότητα αιτημάτων από κάθε χρήστη και, σε περιπτώσεις όπου η ίδια IP επαναλαμβάνει αιτήματα χωρίς λογικό διάστημα παύσης, θα αποτρέπει τη συνέχιση της επικοινωνίας, διακόπτοντας την αποστολή των αιτημάτων προς το API. Υπάρχουν διάφοροι τύποι τειχών προστασίας που μπορούν να εφαρμοστούν για την αποτροπή αυτής της επίθεσης, και συγκεκριμένα:

- **Network Firewall:** Ένα παραδοσιακό τείχος προστασίας δικτύου (network firewall) μπορεί να εντοπίσει υπερβολικά συχνά αιτήματα από την ίδια IP και να τα αποκλείσει. Αυτός ο τύπος firewall λειτουργεί σε επίπεδο δικτύου, παρακολουθώντας την κυκλοφορία και περιορίζοντας τα αιτήματα που υπερβαίνουν τα όρια που έχουν οριστεί για την αποδοχή του δικτύου.
- **Web Application Firewall (WAF):** Ένα web application firewall παρέχει πιο εξελιγμένη προστασία, εστιάζοντας όχι μόνο στην υπερφόρτωση αιτημάτων, αλλά και στην ανάλυση της συμπεριφοράς των χρηστών και του μοτίβου των URL. Ένα WAF μπορεί να εντοπίσει και να περιορίσει κακόβουλες επιθέσεις τύπου DDoS (Distributed Denial of Service) και άλλες απειλές που στοχεύουν στη διαταραχή της υπηρεσίας. Επίσης, έχει τη δυνατότητα να ελέγχει τις αλληλεπιδράσεις με την εφαρμογή και να εντοπίζει ανώμαλες ή επικίνδυνες συμπεριφορές, όπως η επαναλαμβανόμενη αποστολή των ίδιων αιτημάτων.

Η χρήση ενός τείχους προστασίας παρέχει ουσιαστική προστασία, διότι:

- **Εντοπίζει Υπερβολικά Συχνές Αιτήσεις:** Με την ανίχνευση αιτημάτων που ξεπερνούν τα αποδεκτά όρια, το firewall αναγνωρίζει τους ύποπτους χρήστες και εφαρμόζει περιορισμούς.
- **Διατηρεί τη Διαθεσιμότητα της Υπηρεσίας:** Επιτρέπει τη σωστή διαχείριση των αιτημάτων, εξασφαλίζοντας ότι το API παραμένει διαθέσιμο και σταθερό για όλους τους χρήστες.
- **Προστατεύει από Κακόβουλες Επιθέσεις:** Αντιμετωπίζει κακόβουλες επιθέσεις τύπου DDoS που στοχεύουν στην αποσταθεροποίηση της λειτουργίας του API.

Εν κατακλείδι, παρότι η χρήση firewall δεν περιλαμβάνεται στον κώδικά μας, αποτελεί θεμελιώδες εργαλείο για την ασφάλεια του συστήματός μας έναντι επίμονων και κακόβουλων αιτημάτων, συμβάλλοντας στη σταθερότητα και διαθεσιμότητα του API.

4.4 Αξιολόγηση Ικανοποίησης Απαιτήσεων

Η παρούσα ενότητα περιλαμβάνει την αξιολόγηση του βαθμού στον οποίο το σύστημα ικανοποιεί τις λειτουργικές και μη λειτουργικές απαιτήσεις, όπως ορίστηκαν στην **Ενότητα 4.1**. Η αξιολόγηση πραγματοποιείται μέσω δύο πινάκων. Ο πρώτος αναφέρεται στις λειτουργικές απαιτήσεις, την ικανοποίηση τους και το μέσο ικανοποίησής τους:

Διπλωματική εργασία: Έξυπνο Καλάθι Αγοράς με Προηγμένες Ικανότητες Κοστολόγησης & Ελέγχου Περιεχομένου

Πίνακας 13: Ικανοποίηση λειτουργικών απαιτήσεων.

Λειτουργικές Απαιτήσεις	Ικανοποίηση	Επεξήγηση
Διαίσθηση Βάρους	✓	Οι μέτρηση βάρους πραγματοποιούνται μέσω του αισθητήρα HX711.
Αναγνώριση Αντικειμένων	✓	Ο αναγνώστης RFID RC522 αναγνωρίζει τις ετικέτες προϊόντων.
Οπτικοποίηση Πληροφοριών	✓	Η πληροφορίες παρουσιάζονται στην οθόνη LCD.
Ενεργοποίηση Συστήματος	✓	Η ενεργοποίηση γίνεται μέσω του κουμπιού που βρίσκεται στο καλάθι.
Επεξεργασία Δεδομένων	✓	Εξασφαλίζεται μέσω του Raspberry Pi Pico W και του Java API.

Διπλωματική εργασία: Έξυπνο Καλάθι Αγοράς με Προηγμένες Ικανότητες Κοστολόγησης & Ελέγχου Περιεχομένου

Διαχείριση Καταλόγου	✓	Ο κατάλογος ανακτάται μέσω του API.
Διαχείριση Καλαθιού	✓	Υποστήριξη διαχείρισης καλαθιού μέσω της εφαρμογής χρήστη και του API.

Στον δεύτερο πίνακα παρουσιάζονται οι μη λειτουργικές απαιτήσεις, ο βαθμός ικανοποίησής της και επεξήγηση του βαθμού:

Πίνακας 14: Αξιολόγηση ικανοποίησης Μη λειτουργικών απαιτήσεων.

Μη Λειτουργικές Απαιτήσεις	Βαθμός Ικανοποίησης (0-5)	Επεξήγηση
Ακρίβεια και Ευαισθησία	4	Οι μετρήσεις βάρους απαιτούν απόλυτη σταθερότητα του καλαθιού για ακριβή αποτελέσματα.
Ασφάλεια και επεκτασιμότητα	4	Τα μέτρα ασφαλείας είναι πολύ αυστηρά και το σύστημα είναι φτιαγμένο για να μπορούν να γίνουν αναβαθμίσεις.

Διπλωματική εργασία: Έξυπνο Καλάθι Αγοράς με Προηγμένες Ικανότητες Κοστολόγησης & Ελέγχου Περιεχομένου

Απεικόνιση Πληροφοριών	5	Η LCD παρέχει καθαρή και ευανάγνωστη παρουσίαση δεδομένων.
Ανθεκτικότητα και Ενεργειακή Απόδοση	5	Το σύστημα έχει σχεδιαστεί για χαμηλή κατανάλωση και αντοχή σε κραδασμούς.
Αξιοπιστία και Απόδοση	5	Το API ανταποκρίνεται εντός του επιθυμητού χρόνου.
Κατάλληλη και διαισθητική διεπαφή χρήστη	5	Χρηστική και προσαρμοζόμενη διεπαφή χρήστη σε διαφορετικές συσκευές.

Κεφάλαιο 5ο: Εγκατάσταση και Επίδειξη του Συστήματος

Σε αυτό το κεφάλαιο περιγράφεται η διαδικασία εγκατάστασης και εκτέλεσης του συστήματος, καθώς και τα απαραίτητα βήματα για τη διασφάλιση της ομαλής λειτουργίας του. Το σύστημα είναι σχεδιασμένο για να λειτουργεί σε ένα ασφαλές τοπικό δίκτυο, συνδέοντας το IoT καρότσι, την εφαρμογή Android, και τον διακομιστή API.

Παρουσιάζονται οι απαιτήσεις του συστήματος, συμπεριλαμβανομένων των αναγκών υλικών και λογισμικού, και δίνονται αναλυτικές οδηγίες για τη διαμόρφωση και την εκτέλεση των επιμέρους τμημάτων του. Επίσης, περιγράφονται τα βήματα για τη δοκιμή της λειτουργικότητας, διασφαλίζοντας ότι όλες οι συσκευές επικοινωνούν και λειτουργούν σωστά στο πλαίσιο του συστήματος.

Τέλος, περιλαμβάνονται σενάρια χρήσης που αναδεικνύουν τη λειτουργικότητα του συστήματος, εστιάζοντας σε βασικές διαδικασίες, όπως η σύνδεση με το καλάθι, η προσθήκη και αφαίρεση προϊόντων, η διαχείριση εικονικού καλαθιού, και η αντιμετώπιση περιπτώσεων σφάλματος. Μέσα από αυτά, παρέχεται μια ολοκληρωμένη εικόνα της λειτουργίας του συστήματος και της εμπειρίας του χρήστη.

5.1 Τρόπος Εγκατάστασης και Εκτέλεσης

Η εγκατάσταση και εκτέλεση του συστήματος σε τοπικό δίκτυο απαιτεί συγκεκριμένα βήματα για να διασφαλιστεί η ομαλή λειτουργία και η ασφαλής επικοινωνία μεταξύ των συσκευών. Στην ενότητα αυτή περιγράφεται ο τρόπος διαμόρφωσης και εκτέλεσης του συστήματος σε ένα κλειστό περιβάλλον δικτύου.

5.1.1 Απαιτήσεις Συστήματος

Δίκτυο:

- **Wi-Fi δίκτυο:** Όλες οι συσκευές που συμμετέχουν στο σύστημα θα πρέπει να συνδέονται σε ένα κοινό τοπικό Wi-Fi δίκτυο για την επιτυχή επικοινωνία μεταξύ τους. Το Wi-Fi δίκτυο πρέπει να είναι αξιόπιστο και με καλή κάλυψη για την αποφυγή προβλημάτων σύνδεσης
- **IP διευθύνσεις:** Οι συσκευές εντός του δικτύου πρέπει να έχουν στατικές IP διευθύνσεις που να επιτρέπουν την εύκολη επικοινωνία μεταξύ τους.

Υλικό:

- **Συσκευή Android:** Με λειτουργικό σύστημα Android 8.0 ή νεότερο, σύνδεση δικτύου Wi-Fi, κάμερα για τη σάρωση QR κωδικού.
- **Διακομιστής API:** Συσκευή ή υπολογιστής με λειτουργικό σύστημα Windows, Linux ή macOS με δυνατότητα εκτέλεσης Java. Σύνδεση σε τοπικό δίκτυο Wi-Fi. Επεξεργαστή διπύρνηνο ή ανώτερο για την ταυτόχρονη εξυπηρέτηση αιτημάτων API και λειτουργιών βάσης δεδομένων. Μνήμη RAM τουλάχιστον 4GB για να διασφαλιστεί η απόδοση κατά τη χρήση του API και της βάσης δεδομένων, καθώς και αποθηκευτικό χώρο τουλάχιστον 10 GB.

Λογισμικό:

- Εγκατεστημένο JDK 11 ή νεότερης έκδοσης για το API (Oracle³³).
- Βεβαιωθείτε ότι έχετε εγκατεστημένο το Maven³⁴.
- Εγκατάσταση κώδικα μέσω Thonny IDE στο Raspberry Pi Pico W.
- Τοπικό HTTPS πιστοποιητικό για ασφαλείς συνδέσεις εντός του δικτύου (Η δημιουργία ενός Self-Signed πιστοποιητικού γίνεται με τη χρήση εργαλείων, όπως το OpenSSL³⁵. Θεωρείται δεδομένο και βρίσκεται στο φάκελο ασφαλείας του API C:\API_Server\certificates\ και στις ρυθμίσεις ασφάλειας της συσκευής Android res/raw/certificate.crt).
- Η βάση δεδομένων πρέπει να λειτουργεί τοπικά και να περιέχει τα σωστά δεδομένα προϊόντων και καλαθιών.

5.1.2 Βήματα Εγκατάστασης

1. Ρύθμιση του Τοπικού API Server:

- Μεταγλώττιση του API σε .jar αρχείο
- Επειδή ο πηγαίος κώδικας του API βρίσκεται στο GitHub στη διεύθυνση: https://github.com/vasilhs2000/smart_cart_backend κατεβάσετε τον κώδικα, εκτελώντας την ακόλουθη εντολή στο τερματικό (ή Git Bash αν είστε σε Windows):

```
git clone https://github.com/vasilhs2000/smart_cart_backend
cd smart_cart_backend
```
- Εκτελέστε την αντίστοιχη εντολή για τη δημιουργία του .jar αρχείου:

```
mvn clean package
gradle build
```
- Το .jar αρχείο θα δημιουργηθεί στον φάκελο **target/** (για Maven) ή **build / libs/** (για Gradle).

³³ <https://www.oracle.com/java/technologies/javase-downloads.html>

³⁴ <https://maven.apache.org/install.html>

³⁵ <https://wiki.openssl.org/index.php/Binaries>

- Εκτέλεση του API: Μετακινήστε το **.jar** αρχείο στον server, π.χ. **C:\API_Server\api.jar** (Windows) ή **/home/user/API_Server/api.jar** (Linux).

2. Διαμόρφωση του Raspberry Pi Pico W:

- Κατεβάστε το κώδικα από τον παρακάτω σύνδεσμο: https://github.com/vasilhs2000/smart_cart_backend/blob/master/raspberry.py
- Ο κώδικας περιλαμβάνει το αρχείο **raspberry.py**.
- Δημιουργήστε το αρχείο config.txt και προσθέστε τη διεύθυνση IP του API server (π.χ API_SERVER_IP = 192.168.x.x).
- Σύνδεση του Raspberry Pi Pico W στον υπολογιστή μέσω καλωδίου USB.
- Ανοίξτε το Thonny IDE. Από το μενού "Run" επιλέξτε "MicroPython" (Raspberry Pi Pico).
- Ανοίξτε το αρχείο Python που περιέχει τον κώδικα.
- Πατήστε "Save As" και επιλέξτε ως προορισμό αποθήκευσης το Raspberry Pi Pico.
- Δώστε στο αρχείο το όνομα main.py, ώστε να εκτελείται αυτόματα κατά την εκκίνηση του Raspberry Pi Pico.
- Επαναλάβετε τη διαδικασία για το config.txt αρχείο, σώζοντας το επίσης στο Raspberry Pi Pico.

3. Εγκατάσταση της Εφαρμογής Android:

- Συνδέστε τη συσκευή Android στο ίδιο Wi-Fi δίκτυο με τον server.
- Ανοίξτε έναν browser στη συσκευή και επισκεφθείτε τη διεύθυνση https://github.com/vasilhs2000/smart_cart_app, όπου φιλοξενείται το APK.
- Κατεβάστε το αρχείο APK στη συσκευή.
- Αν εμφανιστεί προειδοποίηση ασφαλείας, επιλέξτε "Να επιτραπεί η λήψη".
- Μεταβείτε στις Ρυθμίσεις > Ασφάλεια και ενεργοποιήστε την επιλογή "Εγκατάσταση από Άγνωστες Πηγές" (αν δεν είναι ήδη ενεργοποιημένη).
- Ανοίξτε τον File Manager, εντοπίστε το αρχείο APK και πατήστε πάνω του για να ξεκινήσει η εγκατάσταση.
- Μόλις ολοκληρωθεί η εγκατάσταση, ανοίξτε την εφαρμογή για να βεβαιωθείτε ότι λειτουργεί σωστά.

5.1.3 Οδηγίες Εκτέλεσης

1. Εκκίνηση του API:

- Ξεκινήστε τον server εκτελώντας την εντολή:

Σε περίπτωση χρήσης Maven για να εκτελέσετε το API απευθείας από τον κώδικα: **mvn spring-boot:run**

Αν εκτελεστεί το έτοιμο JAR αρχείο: **java -jar <όνομα αρχείου>.jar**

- Βεβαιωθείτε ότι η συσκευή του server βρίσκεται στο ίδιο τοπικό δίκτυο με το Raspberry Pi και την Android συσκευή.

2. Εκκίνηση του Raspberry Pi Pico W:

- Πατήστε το αντίστοιχο κουμπί που είναι συνδεδεμένο στο Raspberry Pi Pico W.

3. Λειτουργία Εφαρμογής Android:

- Ανοίξτε την εφαρμογή και σκανάρετε το QR code του καλαθιού για να ξεκινήσει η σύνδεση.

5.1.4 Δοκιμή και Βεβαίωση Λειτουργίας

1. Έλεγχος Τοπικής Συνδεσιμότητας:

- Χρησιμοποιήστε εργαλεία, όπως το **ping**, για να διασφαλίσετε ότι όλες οι συσκευές βρίσκονται στο ίδιο δίκτυο.
- Ανοίξτε το τερματικό και εκτελέστε την εντολή `ping 192.168.x.x`
- Θα πρέπει να δείτε απαντήσεις, όπως:
`PING 192.168.x.x (192.168.x.x) 56(84) bytes of data:
64 bytes from 192.168.x.x: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.067 ms`

2. Δοκιμή Λειτουργίας της Εφαρμογής:

- Σκανάρετε το QR code και βεβαιωθείτε ότι η σύνδεση πραγματοποιείται μόνο όταν πατηθεί το κουμπί στο καρότσι.
- Ελέγξτε τη σωστή εμφάνιση δεδομένων στην εφαρμογή και την αλληλεπίδραση με το σύστημα. Επιλέγοντας κάθε επιλογή του μενού και ελέγχοντας τα αποτελέσματα της.

3. Δοκιμή Επικοινωνίας API-Raspberry Pi Pico W:

- Δοκιμάστε να στείλετε αιτήματα από το Raspberry Pi στο API και επιβεβαιώστε ότι λαμβάνετε έγκυρες απαντήσεις. Αυτό μπορεί να γίνει εισάγοντας ένα προϊόν στο καλάθι και ελέγχοντας στην εφαρμογή αν έχει ενημερωθεί το καλάθι.

Με την ολοκλήρωση αυτών των βημάτων, το σύστημα είναι πλήρως λειτουργικό και έτοιμο να εξυπηρετήσει τοπικές ανάγκες με ασφαλή τρόπο.

5.2 Σενάρια Χρήσης

5.2.1 Σενάριο 1^ο: Σύνδεση με το Καλάθι και Εισαγωγή Προϊόντος.

Ιδανικό Σενάριο

- **Περιγραφή:** Ο χρήστης πατάει το κουμπί εκκίνησης στο καλάθι του. Στη συνέχεια σαρώνει το QR code για να συνδεθεί με το καλάθι στην εφαρμογή του κινητού του και προσθέτει ένα προϊόν στο καλάθι.
- **Βήμα 1:** Ο χρήστης πατάει το κουμπί εκκίνησης στο καλάθι (δείτε Εικόνα 36).

- ο **Ενέργειες καλαθιού:**

- Αποστολή αιτήματος στο API για αλλαγή κατάστασης καλαθιού.
- Αποστολή αιτήματος για την ανάκτηση της λίστας των προϊόντων του καλαθιού.

- ο **Ενέργειες εφαρμογής:** -

- ο **Αποτελέσματα καλαθιού:**



Εικόνα 36: Αποτέλεσμα καλαθιού κατά την εκκίνηση του.

- ο **Αποτελέσματα εφαρμογής:** -

- **Βήμα 2:** Ο χρήστης ανοίγει την εφαρμογή (δείτε Εικόνα 37).

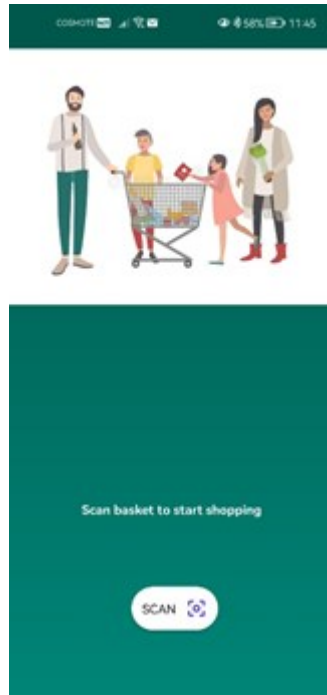
- ο **Ενέργειες καλαθιού:** -

- ο **Ενέργειες εφαρμογής:**

- Εμφάνιση της κατάλληλης οθόνης.

ο **Αποτελέσματα καλαθιού:** -

ο **Αποτελέσματα εφαρμογής:**



Εικόνα 37: Οθόνη εφαρμογής κατά την εκκίνηση της.

- **Βήμα 3:** Ο χρήστης πατάει το κουμπί Scan που φαίνεται στη παραπάνω οθόνη (δείτε το αποτέλεσμα στην Εικόνα 38).

ο **Ενέργειες καλαθιού:** -

ο **Ενέργειες εφαρμογής:**

- Ενεργοποίηση κάμερας.

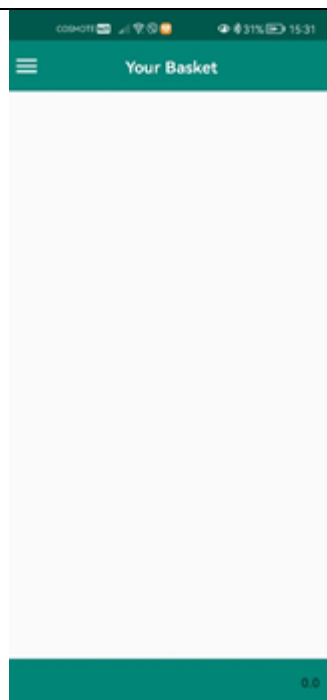
ο **Αποτελέσματα καλαθιού:** -

ο **Αποτελέσματα εφαρμογής:**



Εικόνα 38: Οθόνη εφαρμογής του ανεπτυγμένου συστήματος μετά το πάτημα του κουμπιού “Scan”.

- **Βήμα 4:** Ο χρήστης τοποθετεί το QR code στο πλαίσιο που του εμφανίζεται στην προηγούμενη οθόνη (δείτε αποτέλεσμα στην Εικόνα 39).
 - ο **Ενέργειες καλαθιού:** -
 - ο **Ενέργειες εφαρμογής:**
 - Η εφαρμογή στέλνει αίτημα στο API για την αλλαγή κατάστασης του καλαθιού σε κατειλημμένο.
 - Η εφαρμογή στέλνει αίτημα για να λάβει τα προϊόντα που υπάρχουν στο καλάθι.
 - Η εφαρμογή συνδέεται με το καλάθι μέσω του API και εμφανίζει την αρχική κατάσταση (κενό καλάθι).
 - ο **Αποτελέσματα καλαθιού:** -
 - ο **Αποτελέσματα εφαρμογής:**



Εικόνα 39: Οθόνη “Your Basket” της εφαρμογής του ανεπτυγμένου συστήματος μετά τη σάρωση του QR Code του καλαθιού.

- **Βήμα 5:** Ο χρήστης τοποθετεί στο καλάθι του ένα προϊόν και ανατρέχει στην εφαρμογή για να δει το περιεχόμενο του καλαθιού (δείτε Εικόνα 43).

ο **Ενέργειες καλαθιού:**

- Το καλάθι διαβάζει την RFID ετικέτα του προϊόντος.
- Το καλάθι ελέγχει αν το προϊόν υπάρχει ήδη.
- Το καλάθι στέλνει αίτημα στο API για την εισαγωγή του προϊόντος στο καλάθι.
- Το καλάθι εμφανίζει στον χρήστη πληροφορίες για το προϊόν.
- Το καλάθι στέλνει αίτημα στο API για την ενημέρωση του συνολικού κόστους του καλαθιού.
- Το καλάθι εμφανίζει το συνολικό κόστος του καλαθιού.

ο **Ενέργειες εφαρμογής:**

- Η εφαρμογή στέλνει αίτημα στο API για να λάβει τα προϊόντα που υπάρχουν στο καλάθι.

- Η εφαρμογή εμφανίζει τα προϊόντα και τις απαραίτητες πληροφορίες.

ο **Αποτελέσματα καλαθιού:**

Εμφάνιση της οθόνης για 2 δευτερόλεπτα:



Εικόνα 40: Οθόνη καλαθιού μετά την προσθήκη του προϊόντος.

Εμφάνιση της οθόνης για 3 δευτερόλεπτα:



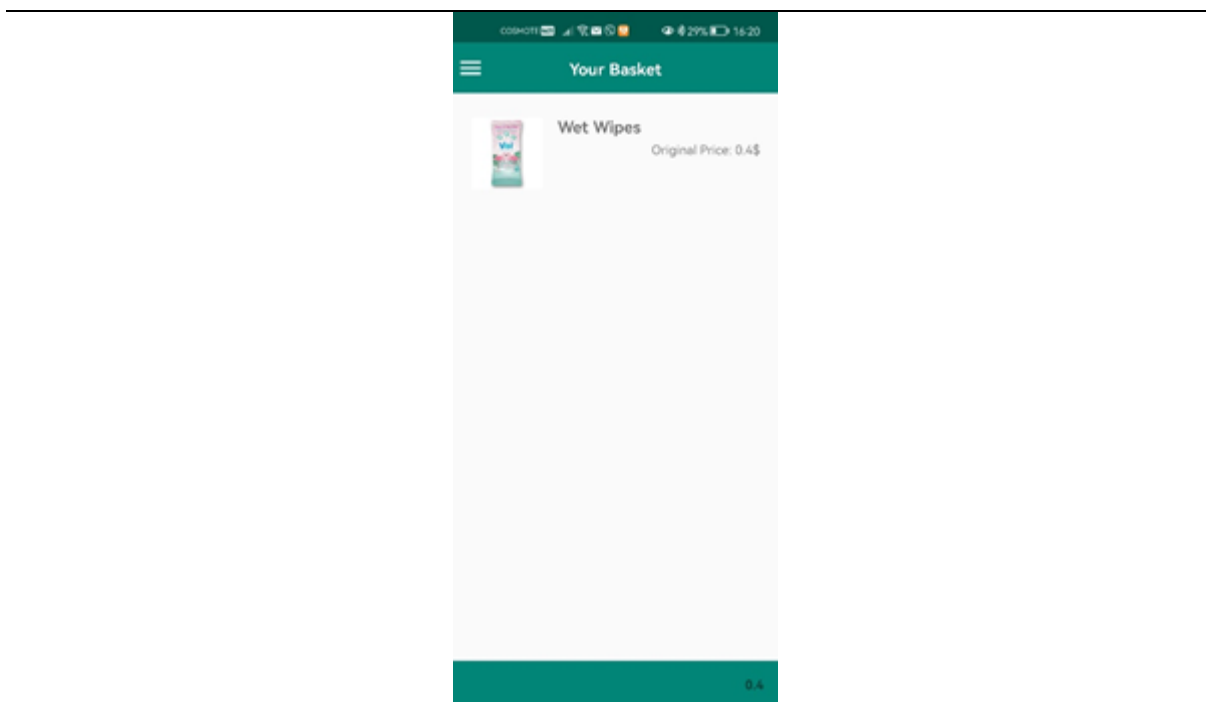
Εικόνα 41: Οθόνη καλαθιού για 3 δευτερόλεπτα μετά την προσθήκη του προϊόντος.

Εμφάνιση της οθόνης μέχρι την επόμενη ενέργεια:



Εικόνα 42: Οθόνη καλαθιού μέχρι την επόμενη ενέργεια.

ο **Αποτελέσματα εφαρμογής:**



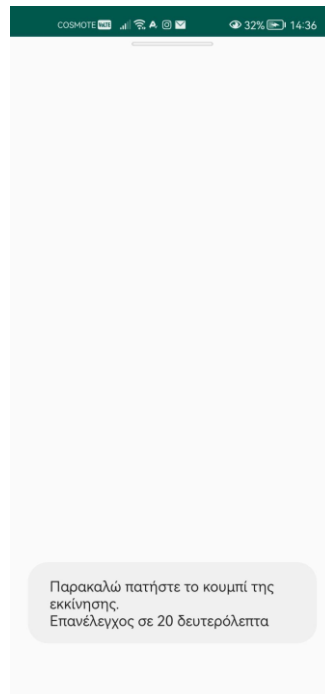
Εικόνα 43: Οθόνη “Your Basket” της εφαρμογής του ανεπτυγμένου συστήματος μετά την προσθήκη του προϊόντος.

Σενάριο με Σφάλματα

- **Περιγραφή:** Ο χρήστης χωρίς να πατήσει το κουμπί εκκίνησης στο καλάθι του, σαρώνει το QR code για να συνδεθεί με το καλάθι στην εφαρμογή του κινητού του (δείτε Εικόνα 44)
 - **Βήμα 1:** Ίδιο με το βήμα 2 του **Ιδανικού Σεναρίου**.
 - **Βήμα 2:** Ίδιο με το βήμα 3 του **Ιδανικού Σεναρίου**.
 - **Βήμα 3:** Ο χρήστης τοποθετεί το QR code στο πλαίσιο που του εμφανίζεται στην προηγούμενη οθόνη.
 - ο **Ενέργειες καλαθιού:** -
 - ο **Ενέργειες εφαρμογής:**
 - Η εφαρμογή στέλνει αίτημα στο API για την αλλαγή κατάστασης του καλαθιού σε κατειλημμένο.
 - Η εφαρμογή εμφανίζει κατάλληλο μήνυμα στον χρήστη.

ο **Αποτελέσματα καλαθιού:** -

ο **Αποτελέσματα εφαρμογής:**

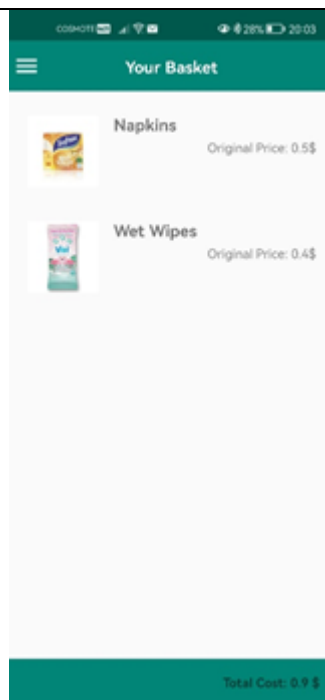


Εικόνα 44: Οθόνη εφαρμογής στη περίπτωση σφάλματος που ο χρήστης δεν έχει πατήσει το κουμπί εκκίνησης στο καλάθι του.

5.2.2 Σενάριο 2^ο: Αφαίρεση Προϊόντος από το Καλάθι.

- **Περιγραφή:** Ο χρήστης έχει πραγματοποιήσει την εισαγωγή ενός ακόμα προϊόντος ακολουθώντας τα βήματα του πρώτου ιδανικού σεναρίου (δείτε Εικόνα 45). Στη συνέχεια ο χρήστης προχωράει στην αφαίρεση του πρώτου προϊόντος από το καλάθι και βλέπει την κατάσταση του καλαθιού από την εφαρμογή (δείτε Εικόνα 49).

Η αρχική κατάσταση του καλαθιού είναι αυτή:



Εικόνα 45: Οθόνη “Your Basket” της εφαρμογής του ανεπτυγμένου συστήματος μετά την προσθήκη ενός ακόμα προϊόντος.

- **Βήμα 1:** Ο χρήστης αφαιρεί από το καλάθι του το πρώτο προϊόν.
 - ο **Ενέργειες καλαθιού:**
 - Το καλάθι διαβάζει την RFID ετικέτα του προϊόντος.
 - Το καλάθι ελέγχει αν το προϊόν υπάρχει ήδη.
 - Το καλάθι στέλνει αίτημα στο API για την αφαίρεση του προϊόντος στο καλάθι.
 - Το καλάθι στέλνει αίτημα στο API για τη μείωση βάρους του καλαθιού.
 - Το καλάθι στέλνει αίτημα στο API για την ενημέρωση μείωσης του κόστους του καλαθιού.
 - Το καλάθι εμφανίζει στον χρήστη πληροφορίες για το προϊόν.
 - Το καλάθι εμφανίζει το συνολικό κόστος του καλαθιού.
 - ο **Ενέργειες εφαρμογής:**
 - Η εφαρμογή στέλνει αίτημα στο API για να λάβει τα προϊόντα που υπάρχουν στο καλάθι.
 - Η εφαρμογή εμφανίζει τα προϊόντα και τις απαραίτητες πληροφορίες.
 - ο **Αποτελέσματα καλαθιού:**

Εμφάνιση της οθόνης για 2 δευτερόλεπτα:



Εικόνα 46: Οθόνη καλαθιού μετά την αφαίρεση του πρώτου προϊόντος.

Εμφάνιση της οθόνης για 3 δευτερόλεπτα:



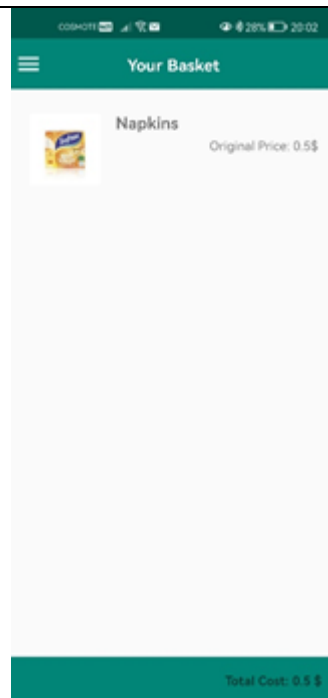
Εικόνα 47: Οθόνη καλαθιού για 3 δευτερόλεπτα μετά την αφαίρεση του πρώτου προϊόντος.

Εμφάνιση της οθόνης μέχρι την επόμενη ενέργεια:



Εικόνα 48: Οθόνη καλαθιού μέχρι την επόμενη ενέργεια.

ο **Αποτελέσματα εφαρμογής:**



Εικόνα 49: Οθόνη “Your Basket” της εφαρμογής του ανεπτυγμένου συστήματος μετά την αφαίρεση του πρώτου προϊόντος.

5.2.3 Σενάριο 3^ο: Εισαγωγή Αγνώστου Προϊόντος στο Καλάθι.

- **Περιγραφή:** Ο χρήστης έχει συνδεθεί κανονικά με το καλάθι και εισάγει ένα προϊόν που δεν είναι γνωστό στο σύστημα.
- **Βήμα 1:** Ο χρήστης εισάγει το προϊόν στο καλάθι (δείτε Εικόνα 54).

1. Ενέργειες καλαθιού:

- Το καλάθι διαβάζει την RFID ετικέτα του προϊόντος.
- Το καλάθι ελέγχει αν το προϊόν υπάρχει ήδη.
- Το καλάθι στέλνει αίτημα στο API για την εισαγωγή του προϊόντος στο καλάθι.
- Το καλάθι εμφανίζει κατάλληλο μήνυμα λάθους.

2. Ενέργειες εφαρμογής: -

3. Αποτελέσματα καλαθιού:



Εικόνα 50: Οθόνη καλαθιού μετά την προσθήκη άγνωστου προϊόντος.

4. Αποτελέσματα εφαρμογής: -

5.2.4 Σενάριο 4^ο: Σύνδεση με το Καλάθι και Δημιουργία Εικονικού Καλαθιού.

- **Περιγραφή:** Ο χρήστης πατάει το κουμπί εκκίνησης στο καλάθι του. Στη συνέχεια σαρώνει το QR code για να συνδεθεί με το καλάθι στην εφαρμογή του κινητού του και προσπαθεί να δημιουργήσει το δικό του εικονικό καλάθι.
 - **Βήμα 1:** Ίδιο με το βήμα 1 του **Πρώτου Ιδανικού Σεναρίου**.
 - **Βήμα 2:** Ίδιο με το βήμα 2 του **Πρώτου Ιδανικού Σεναρίου**.
 - **Βήμα 3:** Ίδιο με το βήμα 3 του **Πρώτου Ιδανικού Σεναρίου**.
 - **Βήμα 4:** Ίδιο με το βήμα 5 του **Πρώτου Ιδανικού Σεναρίου**.
 - **Βήμα 5:** Ο χρήστης ανοίγει το μενού της εφαρμογής (δείτε Εικόνα 51).

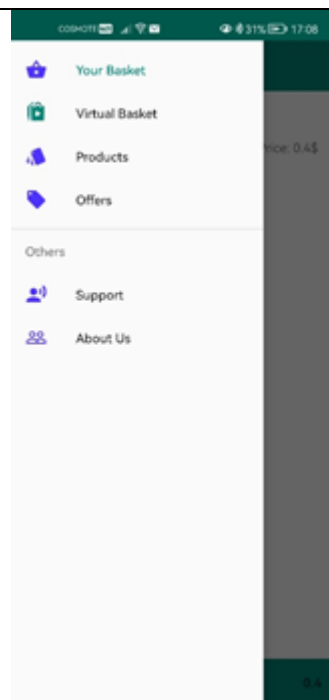
1. Ενέργειες καλαθιού: -

2. Ενέργειες εφαρμογής:

- Η εφαρμογή εμφανίζει την οθόνη « Μενού » στο χρήστη.

3. Αποτελέσματα καλαθιού: -

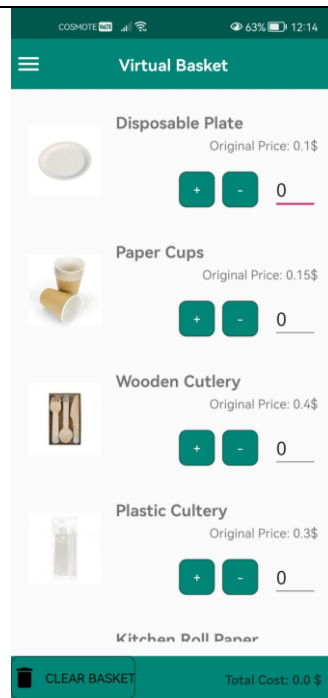
4. Αποτελέσματα εφαρμογής:



Εικόνα 51: Μενού της εφαρμογής του ανεπτυγμένου συστήματος.

- **Βήμα 5:** Ο χρήστης επιλέγει την επιλογή « Virtual Basket » (δείτε Εικόνα 52).
 1. **Ενέργειες καλαθιού:** -
 2. **Ενέργειες εφαρμογής:**
 - Η εφαρμογή εμφανίζει την οθόνη « Virtual Basket » στο χρήστη.
 3. **Αποτελέσματα καλαθιού:** -
 4. **Αποτελέσματα εφαρμογής:**

Διπλωματική εργασία: Έξυπνο Καλάθι Αγοράς με Προηγμένες Ικανότητες Κοστολόγησης & Ελέγχου Περιεχομένου



Εικόνα 52: Οθόνη "Virtual Basket" της εφαρμογής του ανεπτυγμένου συστήματος.

- **Βήμα 6:** Ο χρήστης πληκτρολογεί το νούμερο 3 στο πεδίο ποσότητας του τρίτου προϊόντος (δείτε Εικόνα 53).

1. Ενέργειες καλαθιού: -

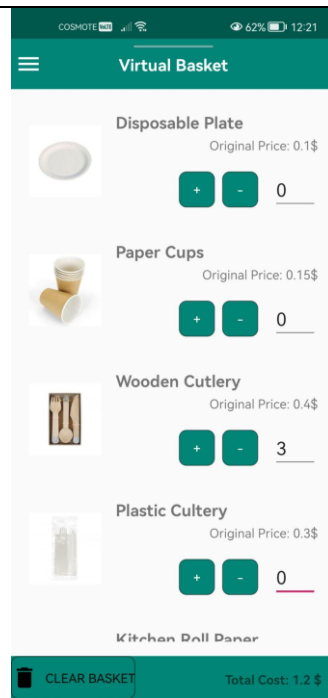
2. Ενέργειες εφαρμογής:

- Η εφαρμογή εμφανίζει την οθόνη «Virtual Basket» κατάλληλα τροποποιημένη.

3. Αποτελέσματα καλαθιού: -

4. Αποτελέσματα εφαρμογής:

Διπλωματική εργασία: Έξυπνο Καλάθι Αγοράς με Προηγμένες Ικανότητες Κοστολόγησης & Ελέγχου Περιεχομένου



Εικόνα 53: Οθόνη “Virtual Basket” της εφαρμογής του ανεπτυγμένου συστήματος μετά την προσθήκη προϊόντων.

- **Βήμα 7:** Ο χρήστης πατάει το κουμπί “CLEAR BUTTON” (δείτε Εικόνα 54) με σκοπό να “καθαρίσει” το εικονικό καλάθι.

1. Ενέργειες καλαθιού: -

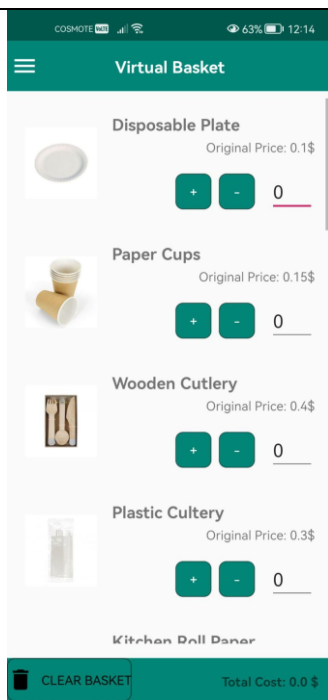
2. Ενέργειες εφαρμογής:

- Η εφαρμογή εμφανίζει την οθόνη «Virtual Basket» κατάλληλα τροποποιημένη.

3. Αποτελέσματα καλαθιού: -

4. Αποτελέσματα εφαρμογής:

Διπλωματική εργασία: Έξυπνο Καλάθι Αγοράς με Προηγμένες Ικανότητες Κοστολόγησης & Ελέγχου Περιεχομένου



Εικόνα 54: Οθόνη “Virtual Basket” της εφαρμογής του ανεπτυγμένου συστήματος μετά το πάτημα του κουμπιού “CLEAR BASKET”.

Κεφάλαιο 6ο: Σύνοψη και Συμπεράσματα

Το παρόν κεφάλαιο συνοψίζει τα αποτελέσματα της διπλωματικής εργασίας, αναλύει τις εμπειρίες που αποκτήθηκαν κατά την ανάπτυξη του συστήματος και προτείνει μελλοντικές κατευθύνσεις για την περαιτέρω εξέλιξή του.

6.1 Συμπεράσματα και Εμπειρίες

Η υλοποίηση του έξυπνου καλαθιού αγορών αποτελεί ένα καινοτόμο εγχείρημα που αξιοποιεί τεχνολογίες IoT, ασφάλειας δικτύων και ανάπτυξης εφαρμογών για τη βελτίωση της εμπειρίας των καταναλωτών. Μέσα από την ανάπτυξη του συστήματος προέκυψαν σημαντικά συμπεράσματα:

- **Τεχνολογία RFID:** Η τεχνολογία RFID επιλέχθηκε για την αναγνώριση των προϊόντων λόγω της υψηλής ταχύτητας, ακρίβειας και αξιοπιστίας της σε περιβάλλοντα πραγματικού χρόνου. Σε σύγκριση με άλλες διαθέσιμες τεχνολογίες, η RFID παρέχει άμεση και αυτόματη καταγραφή των στοιχείων, μειώνοντας τα σφάλματα και εξασφαλίζοντας ομαλή ροή δεδομένων στο σύστημα.
- **Συσκευές IoT:** Η επιλογή των συσκευών έπαιξε καθοριστικό ρόλο στην επίτευξη μιας αξιόπιστης, οικονομικά αποδοτικής και επεκτάσιμης λύσης. Συνολικά, η επιλογή των IoT συσκευών ενίσχυσε την αξιοπιστία και την απόδοση του συστήματος, καθιστώντας το έτοιμο για τις απαιτήσεις ενός σύγχρονου IoT περιβάλλοντος, ενώ παράλληλα ανοίγει το δρόμο για περαιτέρω επεκτάσεις και καινοτομίες.
- **Διεπαφή Χρήστη (APP):** Η Android εφαρμογή, ως κύριο σημείο επαφής του χρήστη με το σύστημα, έχει σχεδιαστεί ώστε να είναι διαισθητική και εύχρηστη. Μέσα από μια καθαρή και λειτουργική διεπαφή, ο χρήστης μπορεί να παρακολουθεί την κατάσταση του καλαθιού, τα προϊόντα που είναι διαθέσιμα, τις εκπτώσεις αλλά και να δημιουργήσει το εικονικό του καλάθι. Η δυνατότητα ενσωμάτωσης μελλοντικών λειτουργιών, όπως οι NFC πληρωμές, επιβεβαιώνει ότι η εφαρμογή έχει σχεδιαστεί με προοπτική για περαιτέρω βελτιώσεις και προσαρμογές στις σύγχρονες ανάγκες των καταναλωτών.
- **Βάση Δεδομένων:** Η σχεδίαση της βάσης δεδομένων αποτέλεσε βασικό στοιχείο για την ομαλή λειτουργία του συστήματος, διασφαλίζοντας την αποδοτική αποθήκευση και διαχείριση των δεδομένων των προϊόντων, των εκπτώσεων και των καλαθιών. Χρησιμοποιήθηκαν βέλτιστες πρακτικές σχεδιασμού για τη διατήρηση της συνοχής και της ακεραιότητας των δεδομένων, ενώ η δυνατότητα κλιμάκωσης της βάσης παρέχει τις προϋποθέσεις για μελλοντική επέκταση του συστήματος με πρόσθετες λειτουργίες και αυξημένο όγκο δεδομένων.
- **Επικοινωνία Συσκευών:** Η ενσωμάτωση του Raspberry Pi Pico W και η επικοινωνία της με την κινητή εφαρμογή ανέδειξαν προκλήσεις που σχετίζονται με την ομαλή σύνδεση και ανταλλαγή δεδομένων.

- **Ασφάλεια και Κρυπτογράφηση:** Η χρήση ασφαλών πρωτοκόλλων επικοινωνίας (HTTPS) και η εφαρμογή τεχνικών κρυπτογράφησης (π.χ. κρυπτογράφηση RFID tags) συνέβαλαν στην προστασία των δεδομένων των χρηστών.
- **Δοκιμές και Αντιμετώπιση Σφαλμάτων:** Μέσα από την ανάπτυξη του συστήματος, αναγνωρίστηκαν και επιλύθηκαν προβλήματα, όπως το authentication των αιτήσεων, η αναντιστοιχία πιστοποιητικών ασφαλείας και η σταθερότητα των δικτυακών συνδέσεων.

6.2 Μελλοντικές Κατευθύνσεις Εργασίας και Επέκταση του Συστήματος

Παρά την ολοκλήρωση της βασικής λειτουργικότητας, υπάρχουν αρκετές δυνατότητες βελτίωσης και επέκτασης του συστήματος. Ορισμένες προτεινόμενες μελλοντικές κατευθύνσεις περιλαμβάνουν:

- **Έλεγχος Αντιστοίχισης Εικονικού και Πραγματικού Καλαθιού:** Η ενσωμάτωση δυνατότητας για τη διασταύρωση των προϊόντων στο φυσικό καλάθι με αυτά στο εικονικό.
- **Λειτουργία του εικονικού καλαθιού εκτός τοπικού δικτύου:** Στόχος αυτής της επέκτασης είναι ο χρήστης να μπορεί να δημιουργήσει το εικονικό του καλάθι από το σπίτι του και να ψωνίσει με βάση αυτό όταν επισκεφθεί το κατάστημα/σουπερμάρκετ.
- **Όρια Αγορών και Ειδοποιήσεις:** Η δυνατότητα εφαρμογής προκαθορισμένων ορίων αγορών με ειδοποίηση του χρήστη όταν αυτά ξεπερνιούνται.
- **Προσωποποιημένες Προσφορές:** Η χρήση τεχνικών μηχανικής μάθησης για την προσωποποιημένη προώθηση προϊόντων και εκπτώσεων βάσει των προτιμήσεων του χρήστη.
- **Firewall και Ενισχυμένη Ασφάλεια:** Η προσθήκη δυναμικών ρυθμίσεων firewall που θα ανιχνεύουν και θα περιορίζουν ύποπτες δραστηριότητες, όπως υπερβολικά αιτήματα από έναν χρήστη.
- **Επέκταση Συνεργασιών με Έξυπνα Ράφια:** Η διασύνδεση του συστήματος με αισθητήρες στα ράφια των καταστημάτων για αυτόματη ενημέρωση διαθεσιμότητας προϊόντων.
- **Ενσωμάτωση Πληρωμών μέσω NFC:** Μία ιδιαίτερα προοδευτική προσθήκη είναι η δυνατότητα ολοκλήρωσης πληρωμών μέσω NFC (Near Field Communication). Με την υλοποίηση αυτής της λειτουργίας, ο χρήστης θα μπορεί να πραγματοποιεί ανέπαφες συναλλαγές (μέσω πλατφόρμων όπως Google Pay ή Apple Pay) απευθείας από την εφαρμογή, εξαλείφοντας την ανάγκη φυσικής παρουσίας στο ταμείο και προσφέροντας μια πιο ολοκληρωμένη και ασφαλή εμπειρία αγορών.
- **Αναβάθμιση RFID Reader για Ενισχυμένη Ασφάλεια:** Η αντικατάσταση του υπάρχοντος RFID reader με έναν πιο προηγμένο που να υποστηρίζει μεθόδους ανίχνευσης πέρα από την ισχύ του σήματος. Αυτό θα αποτρέψει πιθανές επιθέσεις

όπου ένας επιτιθέμενος χρησιμοποιεί ισχυρότερα RFID tags για να "παγιδεύσει" τα καλάθια σε απόσταση, καταγράφοντας λανθασμένα προϊόντα. Η εφαρμογή τεχνικών, όπως η ανάλυση χρονικών καθυστερήσεων ή η διαφοροποίηση των χαρακτηριστικών του σήματος μπορεί να βελτιώσει την ακρίβεια και την ασφάλεια του συστήματος.^z

Η περαιτέρω ανάπτυξη του έξυπνου καλαθιού μπορεί να οδηγήσει σε μια ολοκληρωμένη και ευφυή λύση για τη βελτίωση της εμπειρίας αγορών, ενσωματώνοντας προηγμένες τεχνολογίες ασφαλείας, ανάλυσης δεδομένων και αυτοματισμών.

Βιβλιογραφία

^a Wikipedia contributors. (2025, March 1). Barcode. In Wikipedia, The Free Encyclopedia. <https://en.wikipedia.org/wiki/Barcode>

^b Denso Wave. (1994). QR Code: A new generation of coding technology. <https://www.denso-wave.com/en/technology/vol1.html>

^c Denso Wave. (n.d.). What is a QR Code? <https://www.denso-wave.com/en/technology/qr-code.html>

^d Landt, J. (2005). The history of RFID: Past, present, and future. IEEE Potentials, 24(4), 8-11. <https://doi.org/10.1109/MP.2005.1549751>

^e Xiao, Y. (2008). Radio frequency identification (RFID) technology and its applications in the Internet of Things. Wireless Communications and Mobile Computing, 8(8), 1125-1139. https://yangxiao.cs.ua.edu/WCMC_RFID.pdf

^f Sikich. (n.d.). RFID card security: Attacks and prevention. Sikich. <https://www.sikich.com/insight/rfid-card-security-attacks-and-prevention/>

^g Feng, Y., Huang, W., Wang, S., Zhang, Y., & Jiang, S. (2021). Detection of RFID cloning attacks: A spatiotemporal trajectory data stream-based practical approach. Computer Networks, 185, 107922. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2021.107922>

^h Y. Fu, C. Zhang and J. Wang, "A research on Denial of Service attack in passive RFID system," (2010) International Conference on Anti-Counterfeiting, Security and Identification, Chengdu, China, 2010, pp. 24-28. <https://ieeexplore.ieee.org/document/5551848>

ⁱ Wikipedia contributors. (n.d.). Serial Peripheral Interface https://en.wikipedia.org/wiki/Serial_Peripheral_Interface

^j CircuitBasics. (n.d.). Basics of the I2C Communication Protocol <https://www.circuitbasics.com/basics-of-the-i2c-communication-protocol/>

^k *CircuitBasics*. (n.d.). Basics of UART Communication

<https://www.circuitbasics.com/basics-uart-communication/>

^l *GeeksforGeeks*. (n.d.). What is Wi-Fi (Wireless Fidelity)?

<https://www.geeksforgeeks.org/what-is-wi-fi-wireless-fidelity/>

^m *Wattsense*. (n.d.). What is LoRaWAN?

<https://www.wattsense.com/blog/communication-protocols/what-is-lorawan/>

ⁿ *Digi International*. (n.d.). Zigbee Wireless Standard

<https://www.digi.com/solutions/by-technology/zigbee-wireless-standard>

^o *GeeksforGeeks*. (n.d.). HTTP Full Form

<https://www.geeksforgeeks.org/http-full-form/>

^p *Lalitha, K., Ismail, M., Gurumurthy, S. K., & Tejaswi, A. (X.X.XX)*. Design of an Intelligent Shopping Basket Using IoT. *Sree Vidyanikethan Engineering College*.

https://www.researchgate.net/publication/317932719_DESIGN_OF_AN_INTELLIGENT_SHOPPING_BASKET_USING_IoT

^q *Shankar, S.K., Balasubramani, S., Akbar Basha, S., Ariz Ahamed, S., & Suneel Kumar Reddy, N. (2021)*. Smart Trolley for Smart Shopping with an Advance Billing System using IoT.

<https://ieeexplore.ieee.org/document/9418348>

^r *Waranugraha, N., & Suryanegara, M. (2020)*. The Development of IoT-Smart Basket: Performance Comparison between Edge Computing and Cloud Computing System. *Proceedings of the 2020 3rd International Conference on Computer and Informatics Engineering (IC2IE)*, 410-415. *IEEE*.

<https://ieeexplore.ieee.org/document/9274596>

^s *Mekruksavanich, S. (2019)*. The Smart Shopping Basket Based on IoT Applications. Department of Computer Engineering, School of Information and Communication Technology, University of Phayao, Phayao, Thailand.

<https://ieeexplore.ieee.org/document/9040750>

^t MySQL AB. (2008). MySQL and the Web: Overview of MySQL Usage in the Web Industry. [Technical Paper]

<https://www.mysql.com/>

^u MySQL AB. (2008). MySQL and the Web: Overview of MySQL Usage in the Web Industry. [Technical Paper]

<https://www.mysql.com/>

^v Oracle Corporation. (2019). MySQL 8.0 Reference Manual: Storage Engines. Oracle Corporation.

[Oracle MySQL Storage Engines](#)

^w PostgreSQL Global Development Group. (2020). PostgreSQL 13 History. PostgreSQL Global Development Group.

<https://www.postgresql.org/docs/13/history.html>

^x Widenius, M. (2009). MariaDB: The Future of Open Source Databases. MariaDB Corporation. <https://mariadb.org/about/>

^y Tutorials Point. (n.d.). Hibernate ORM - Overview.

https://www.tutorialspoint.com/hibernate/orm_overview.html

^z Singh, A.K., Patro, B.D.K. (2021). Security Attacks on RFID and their Countermeasures. In: Bhateja, V., Satapathy, S.C., Travieso-Gonzalez, C.M., Flores-Fuentes, W. (eds) Computer Communication, Networking and IoT. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 197. Springer, Singapore.

https://doi.org/10.1007/978-981-16-0980-0_49