



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

ΕΥΦΥΗΣ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΔΙΑΤΡΟΦΙΚΟΥ
ΧΡΟΝΟΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΕΞΑΓΩΓΗΣ
ΣΥΣΤΑΣΕΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ

.....ΚΟΛΟΜΒΑΤΣΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ.....
.....ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ.....

Λαμία έτος 2022

SCHOOL OF SCIENCE

DEPARTMENT OF INFORMATICS & TELECOMMUNICATIONS

INTELLIGENT DIETARY SCHEDULING AND SUGGESTION MECHANISM

BRATSOS DIMITRIOS
FESATIDIS GEORGIOS

FINAL THESIS

ADVISOR

.....Konstantinos Kolomvatsos.....
.....Assistant Professor.....

Lamia year 2022

«Με ατομική μου ευθύνη και γνωρίζοντας τις κυρώσεις ⁽¹⁾, που προβλέπονται από της διατάξεις της παρ. 6 του άρθρου 22 του Ν. 1599/1986, δηλώνω ότι:

1. Δεν παραθέτω κομμάτια βιβλίων ή άρθρων ή εργασιών άλλων αυτολεξεί **χωρίς να τα περικλείω σε εισαγωγικά** και χωρίς να αναφέρω το συγγραφέα, τη χρονολογία, τη σελίδα. Η αυτολεξεί παράθεση χωρίς εισαγωγικά χωρίς αναφορά στην πηγή, είναι λογοκλοπή. Πέραν της αυτολεξεί παράθεσης, λογοκλοπή θεωρείται και η παράφραση εδαφίων από έργα άλλων, συμπεριλαμβανομένων και έργων συμφοιτητών μου, καθώς και η παράθεση στοιχείων που άλλοι συνέλεξαν ή επεξεργάσθηκαν, χωρίς αναφορά στην πηγή. Αναφέρω πάντοτε με πληρότητα την πηγή κάτω από τον πίνακα ή σχέδιο, όπως στα παραθέματα.
2. Δέχομαι ότι η αυτολεξεί **παράθεση χωρίς εισαγωγικά**, ακόμα κι αν συνοδεύεται από αναφορά στην πηγή σε κάποιο άλλο σημείο του κειμένου ή στο τέλος του, είναι αντιγραφή. Η αναφορά στην πηγή στο τέλος π.χ. μιας παραγράφου ή μιας σελίδας, δεν δικαιολογεί συρραφή εδαφίων έργου άλλου συγγραφέα, έστω και παραφρασμένων, και παρουσίασή τους ως δική μου εργασία.
3. Δέχομαι ότι υπάρχει επίσης περιορισμός στο μέγεθος και στη συχνότητα των παραθεμάτων που μπορώ να εντάξω στην εργασία μου εντός εισαγωγικών. Κάθε μεγάλο παράθεμα (π.χ. σε πίνακα ή πλαίσιο, κλπ), προϋποθέτει ειδικές ρυθμίσεις, και όταν δημοσιεύεται προϋποθέτει την άδεια του συγγραφέα ή του εκδότη. Το ίδιο και οι πίνακες και τα σχέδια
4. Δέχομαι όλες τις συνέπειες σε περίπτωση λογοκλοπής ή αντιγραφής.

Ημερομηνία:/...../20.....

Ο - Η Δηλ.

(1) «Όποιος εν γνώσει του δηλώνει ψευδή γεγονότα ή αρνείται ή αποκρύπτει τα αληθινά με έγγραφη υπεύθυνη δήλωση

του άρθρου 8 παρ. 4 Ν. 1599/1986 τιμωρείται με φυλάκιση τουλάχιστον τριών μηνών. Εάν ο υπαίτιος αυτών των πράξεων

σκόπευε να προσπορίσει στον εαυτόν του ή σε άλλον περιουσιακό όφελος βλάπτοντας τρίτον ή σκόπευε να βλάψει άλλον, τιμωρείται με κάθειρξη μέχρι 10 ετών.»

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εποχή της τεχνολογικής ανάπτυξης που βρισκόμαστε υπάρχει ραγδαία ανάπτυξη στον τομέα της παρακολούθησης, από κοινόχρηστους χώρους μέχρι και τις διατροφικές συνήθειες των χρηστών. Με την τεχνολογική ανέλιξη αυτή αναπτύσσονται ταυτόχρονα και δύο κύριοι τομείς: ο τομέας των εφαρμογών σε κινητές συσκευές που προέρχεται ως αποτέλεσμα της αναβάθμισής τους και ο τομέας της τεχνητής νοημοσύνης ο οποίος τα τελευταία χρόνια αξιοποιείται σε ποικίλους μηχανισμούς και τεχνολογικές λύσεις όντας “τελευταία λέξη της τεχνολογίας”. Ένας μηχανισμός που λείπει από την φαρέτρα των “έξυπνων εφαρμογών” είναι ο “Ευφυής Μηχανισμός Διατροφικού Χρονοπρογραμματισμού και Εξαγωγής Συστάσεων” που προτείνεται στην παρούσα πτυχιακή. Με την μορφή μιας εφαρμογής εγκατεστημένης σε κινητό τηλέφωνο η συγκεκριμένη εφαρμογή-μηχανισμός συνδυάζει την δύναμη και ευελιξία που προσφέρουν οι κινητές συσκευές με την καινοτομία της τεχνητής νοημοσύνης. Ο χρήστης μπορεί να κάνει καταγραφή των γευμάτων του με ταχύτητα και με αυτοματοποιημένο τρόπο, δίχως να χρειαστεί να εκτελέσει πολλές ενέργειες. Με την καταγραφή μέσω της κάμερας του κινητού του, το μοντέλο μηχανικής μάθησης που είναι ενσωματωμένο στην εφαρμογή αναγνωρίζει το γεύμα του χρήστη, αποθηκεύει πληροφορίες σχετικά με αυτό και εξάγει συστάσεις προς αυτόν σχετικά με τις καταναλωτικές του συνήθειες. Στην εφαρμογή υπάρχουν επιπλέον λειτουργίες οι οποίες εξυπηρετούν σε μια ευχάριστη εμπειρία με τον χρήστη που τον ωθούν στην χρήση

της και στην διευκόλυνση καταγραφής γευμάτων σε καθημερινή βάση. Μια τέτοια εφαρμογή αποτελεί παράδειγμα για τις μελλοντικές υλοποιήσεις που μπορούν να γίνουν στον συγκεκριμένο τομέα, σε επίπεδο κινητών εφαρμογών καθώς και σε επίπεδο εφαρμογών που χρησιμοποιούν τεχνητή νοημοσύνη.

ABSTRACT

In the age of the technological development which is currently in effect there is a rapid development in the field of monitoring, from open public areas to the nutritional habits of end users. Hand-in-hand to this technological advancement, two main sectors are blooming at the same time: the field of applications in mobile devices that emerge as a result of their vast upgrade and the field of artificial intelligence which in recent years is utilized in various mechanisms and technological solutions as it is characterized as "state-of-the-art". One missing mechanism from the quiver of "smart applications" is the "Intelligent Nutrition Scheduling and Recommendation Mechanism" proposed in this thesis. Taking the form of a mobile phone application, this application combines the power and flexibility of mobile devices along with the innovation of artificial intelligence. Users can record their meals quickly and with the least amount of actions. Following the capture of the meal image using the camera of the phone, our machine learning model that is integrated in the application automatically recognizes the consumed meal, stores the relevant information and proceeds to export various suggestions and recommendations to users regarding their eating habits. Within the application there are various functionalities which serve in a pleasant experience with the user, thus, contributing in its active usage and in the facilitation of recording meals on a daily basis. This application is an example of future developments at the level of mobile applications as well as at the level of applications utilizing artificial intelligence.

Table of Contents

ΠΕΡΙΛΗΨΗ5 ABSTRACT8

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ1

1.1 ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....1

1.2 MONITORING ΚΑΙ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΔΙΑΤΡΟΦΗ1

1.3 MONITORING ΚΑΙ ICT ΕΡΓΑΛΕΙΑ2

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΜΑΘΗΣΗ ΚΑΙ ΒΑΘΙΑ ΜΑΘΗΣΗ.....3

2.1 ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΜΑΘΗΣΗ3

2.2 ΒΑΘΙΑ ΜΑΘΗΣΗ6

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΔΙΕΠΑΦΕΣ ΧΡΗΣΤΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΚΙΝΗΤΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ..... 12

3.1 ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΚΙΝΗΤΩΝ ΔΙΕΠΑΦΩΝ 12

3.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΚΙΝΗΤΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ..... 12

3.3 ΣΧΕΔΙΑΣΤΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ 13

3.4 ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΕΠΑΦΗΣ ΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ 16

3.5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝ ΚΙΝΗΤΩΝ ΔΙΕΠΑΦΩΝ 21

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΙΚΟΥ ΧΡΟΝΟΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ 23

4.1 ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ 23

4.2 ΔΙΑΤΡΟΦΙΚΟΣ ΧΡΟΝΟΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ..... 30

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΕΞΑΓΩΓΗΣ ΣΥΣΤΑΣΕΩΝ 34

5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ 34

5.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΝΟΝΩΝ (RULE BASED SYSTEMS) 34

5.3 ΕΜΠΕΙΡΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ (EXPERT SYSTEMS)..... 38

5.4 ΜΗΧΑΝΕΣ ΈΜΠΕΙΡΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΚΑΝΟΝΩΝ..... 41

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΩΝ..... 45

6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ 45

6.2 ΠΡΟΦΙΛ ΧΡΗΣΤΗ 45

6.3 ΚΑΜΕΡΑ..... 48

6.4 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ..... 52

6.5 ΙΣΤΟΡΙΚΟ	54
6.6 ΛΟΙΠΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ	58

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 Εισαγωγή

1.1 Πρόλογος

Στην σημερινή εποχή της πληροφορίας η τεχνολογική ανάπτυξη είναι ραγδαία. Η ανέλιξη των ήδη υπάρχουσών τεχνολογιών και η εμφάνιση νέων καινοτομιών είναι πλέον δεδομένη και καθημερινά λαμβάνουμε νέα για επερχόμενες αλλαγές. Αυτό φυσικά συνεπάγεται και με καινούργιες αλλαγές σε άλλους τομείς που ενδέχεται να μην συνδέονται άρρηκτα με την τεχνολογία αλλά ταυτόχρονα να επηρεάζονται άμεσα από αυτή. Δεν πρέπει άλλωστε να αγνοηθεί το γεγονός πως σχεδόν κάθε τομέας από την εκπαίδευση μέχρι και την υγεία επηρεάζεται από το φάσμα των εφαρμογών και των συσκευών που προκύπτουν από την τεχνολογικά κυρίαρχη εποχή. Όλες αυτές οι αλλαγές φέρουν το σήμα και για την ανάγκη παρακολούθησης στα διάφορα πεδία εφαρμογών- ανάμεσά τους και οι διατροφικές συνήθειες.

Όσον αφορά στον συγκεκριμένο τομέα στην παρούσα πτυχιακή προτείνεται ένας Ευφυής Μηχανισμός Διατροφικού Χρονοπρογραμματισμού και Εξαγωγής Συστάσεων, με τη μορφή μιας εφαρμογής έξυπνου κινητού. Πιο συγκεκριμένα, συνδυάζεται η επεξεργαστική ισχύς και η ευελιξία των κινητών με την καινοτόμα τεχνολογία της τεχνητής νοημοσύνης, εξάγοντας παράλληλα συστάσεις για τις διατροφικές επιλογές του χρήστη σύμφωνα με τις καταναλωτικές του συνήθειες. Αναλυτικές πληροφορίες για τον τρόπο λειτουργίας της εφαρμογής θα δοθούν στα επόμενα κεφάλαια.

1.2 Monitoring και Συσχέτιση με Διατροφή

Ως “monitoring” ονομάζεται η διαδικασία παρακολούθησης μιας ενέργειας. Από τον όρο και μόνο αντιλαμβανόμαστε πως η έννοια monitoring καλύπτει ένα ευρύ φάσμα και δεν είναι κάτι αυστηρά ορισμένο.

Μπορεί ως monitoring να ορίσουμε μια εφαρμογή παρακολούθησης καιρικών φαινομένων σε πραγματικό χρόνο, αλλά ακόμα και ένα λογισμικό παρακολούθησης ατόμων με τη χρήση τεχνητής νοημοσύνης: το δεύτερο μάλιστα εφαρμόζεται κατά κόρον ακόμα και σε ανοιχτά δημόσιους χώρους για την αποτροπή εγκληματικής

δραστηριότητας (π.χ. στην Κίνα). Ειδικότερα στην σημερινή εποχή οι ιδέες και οι επιλογές για την εφαρμογή τέτοιων εφαρμογών είναι αναρίθμητες.

Όσον αφορά τον τομέα της διατροφής δεν είναι τυχαία η εμφάνιση νέων εφαρμογών και καινοτομιών σε αυτή. Εφαρμογές όπως ημερολόγια καταγραφής γευμάτων αποτελούν την νέα τάση στην αγορά εφαρμογών τόσο σε Android όσο και σε iOS. Οι χρήστες επιθυμούν πλέον να παρακολουθούν τις διατροφικές τους συνήθειες, την κατανάλωση των θερμίδων τους ακόμη και το ποσοστό εβδομαδιαίας άσκησης τους. Επομένως το monitoring με την μορφή εφαρμογών και wearables (συσκευές όπως έξυπνα ρολόγια) είναι άρρηκτα συνδεδεμένο με την άσκηση και την διατροφή. Αυτό το οποίο δεν υπάρχει σε αφθονία είναι ο μηχανισμός που προτείνεται εδώ: δηλαδή ένας μηχανισμός διατροφικής παρακολούθησης που συνδυάζει την τεχνολογία της τεχνητής νοημοσύνης και την εξαγωγή συστάσεων για τις διατροφικές επιλογές του χρήστη, όλα στο πλαίσιο μιας εφαρμογής σε κινητό.

1.3 Monitoring και ICT εργαλεία

Ο όρος ICT μεταφράζεται ως Information and Communication Technology, ή Τεχνολογία Επικοινωνίας και Πληροφορίας (ΤΠΕ) στα ελληνικά. Για μεγαλύτερη βιβλιογραφική ακρίβεια θα προτιμηθεί ο αγγλικός όρος κατά την ανάλυση.

Σημαντικό είναι να αναφερθούμε στο τι ορίζεται κάτι ως ICT εργαλείο. ICT εργαλεία μπορεί να αναφέρονται σε ψηφιακές υποδομές όπως υπολογιστές, φορητοί υπολογιστές, εκτυπωτές, σαρωτές, προγράμματα λογισμικού, προβολείς δεδομένων και διαδραστικό πλαίσιο διδασκαλίας, αλλά και σε πιο καινούργιες τεχνολογίες όπως έξυπνα τηλέφωνα και ταμπλέτες. Ειδικά οι τελευταίες έχουν εισχωρήσει όπως προαναφέραμε στην καθημερινότητά μας και παίζουν σημαντικό ρόλο σε διάφορες πτυχές της- όπως και του monitoring.

Είναι σημαντικό να αναλογιστούμε την επίδραση των ICT εργαλείων στην διαδικασία monitoring, οποιαδήποτε είναι αυτή. Χωρίς αυτά αποκλείεται μεγάλο τμήμα των τεχνολογιών που μπορούν να συνδράμουν με θετικό πρόσημο στην διαδικασία παρακολούθησης. Πριν την εποχή της τεχνολογικής ανέλιξης στην οποία βρισκόμαστε η διαδικασία αυτή γινόταν χειρονακτικά και με ανθρώπινη προσπάθεια: κάτι που ήταν ήδη δύσκολο και αν αυξηθεί η κλίμακα σε μεγάλο αριθμό ατόμων πιθανώς αδύνατο. Συνεπώς με την χρήση αυτών είναι δυνατή σε μαζικό επίπεδο η παρακολούθηση πολλών και διαφορετικών πτυχών: από ανθρώπους μέχρι και τις διατροφικές συνήθειες ενός ατόμου.

Φυσικά τα παραπάνω σηματοδοτούν μια νέα εποχή από μόνα τους. Οι νεότερες εξελίξεις που φέρουν τα ICT εργαλεία και οι εφαρμογές τους είναι αγγελοφόροι θετικών αλλά και αρνητικών προόδων. Η αρνητική πτυχή του monitoring βέβαια δεν αναιρεί ούτε θα έπρεπε να επισκιάζει τις θετικές. Αντιθέτως υπογραμμίζει πως είναι αναγκαίο να ληφθούν μέτρα για την αντιμετώπισή τους. Κυριότερα αρνητικά που προέρχονται από την διαδικασία του monitoring αφορούν την παραβίαση της ιδιωτικότητας των ατόμων. Επομένως με την αντιμετώπιση αυτού υπάρχει η δυνατότητα για επικέντρωση στις προοπτικές που μπορούν να επιφέρουν αυτά τα εργαλεία.

Στο συγκεκριμένο μηχανισμό που θα παρουσιαστεί στην πτυχιακή αξιοποιήθηκαν ορισμένες τεχνολογίες ICT εργαλείων. Αναλυτικότερα έγινε χρήση της ισχύος των κινητών τηλεφώνων και των ταμπλετών- ανάλογα τι βρίσκεται στην κατοχή του χρήστη, ώστε να μπορέσει να γίνει καταγραφή των διατροφικών τους συνηθειών, με την βοήθεια της μηχανικής μάθησης, αλλά και εξαγωγή συστάσεων με βάση αυτών. Για αναλυτικότερες λεπτομέρειες σχετικά με τον τρόπο λειτουργίας και δόμησης της εφαρμογής θα δοθούν σε επόμενα κεφάλαια.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 Μηχανική Μάθηση και Βαθιά Μάθηση

2.1 Μηχανική Μάθηση

Σε αυτό το κεφάλαιο θα ασχοληθούμε με την παρουσίαση βασικών εννοιών της μηχανικής μάθησης, οι οποίες θα αποτελέσουν ζωτικής σημασίας στην ανάλυση του νευρωνικού δικτύου της εφαρμογής.

2.1.1 Τι είναι η μηχανική μάθηση

Για να λύσουμε ένα πρόβλημα σε έναν υπολογιστή, χρειαζόμαστε έναν αλγόριθμο. Ένας αλγόριθμος είναι μια ακολουθία εντολών που πρέπει να εκτελεστούν για να μετατρέψουν την είσοδο σε έξοδο. Για παράδειγμα, μπορεί κανείς να επινοήσει έναν αλγόριθμο για αναζήτηση συμβολοσειράς. Η είσοδος είναι μια λέξη ή φράση προς αναζήτηση και η έξοδος μπορεί να είναι η θέση της λέξης ή φράσης στο κείμενο. Για την ίδια εργασία, μπορεί να υπάρχουν διάφοροι αλγόριθμοι και μπορεί να μας ενδιαφέρει να βρούμε τον πιο αποτελεσματικό, δηλαδή, που να απαιτεί τον μικρότερο αριθμό εντολών ή μνήμης ή και τα δύο.

Για ορισμένες εργασίες, ωστόσο, δεν έχουμε εύκολη κατασκευή ενός αλγορίθμου. Όπως για παράδειγμα, για να προβλέψουμε τις διατροφικές συνήθειες ενός ατόμου. Γνωρίζουμε ποια είναι η είσοδος: τα φαγητά που καταναλώνει το μήνα ή το χρόνο, πόσα είναι αυτά και σε τι ποσότητες. Γνωρίζουμε ποια πρέπει να είναι η έξοδος: μια εκτιμώμενη λίστα τροφίμων προς κατανάλωση. Δεν ξέρουμε, όμως, πώς να μετατρέψουμε την είσοδο σε έξοδο, διότι οι διατροφικές συνήθειες αλλάζουν με την πάροδο του χρόνου και από άτομο σε άτομο.

Ό,τι μας λείπει σε γνώση, το αναπληρώνουμε σε δεδομένα. Μπορούμε εύκολα να συγκεντρώσουμε χιλιάδες παραδείγματα δεδομένων για ένα πρόβλημα, μερικά από τα οποία γνωρίζουμε την έξοδο (label) και αυτό που θέλουμε είναι να «μάθουμε» την διαδικασία ταξινόμησης των δεδομένων εισόδου στις “σωστές” εξόδους. Με άλλα λόγια, θα θέλαμε ο υπολογιστής (μηχάνημα) να εξάγει αυτόματα τον αλγόριθμο για αυτήν την εργασία. Δεν χρειάζεται να μάθουμε να αναζητούμε λέξεις, έχουμε ήδη αλγόριθμους για αυτό. Αλλά υπάρχουν πολλές εφαρμογές για τις οποίες δεν έχουμε αλγόριθμο αλλά έχουμε παραδείγματα δεδομένων.

Η μηχανική μάθηση είναι η διαδικασία προγραμματισμού ενός υπολογιστή για τη βελτιστοποίηση μιας συνάρτησης χρησιμοποιώντας παραδείγματα δεδομένων ή προηγούμενη εμπειρία. Έχουμε ένα μοντέλο που ορίζεται με κάποιες παραμέτρους και η εκμάθηση είναι η εκτέλεση ενός προγράμματος στον υπολογιστή για τη βελτιστοποίηση των παραμέτρων του μοντέλου χρησιμοποιώντας τα δεδομένα εκπαίδευσης ή την προηγούμενη εμπειρία. Το μοντέλο μπορεί να είναι προγνωστικό για να κάνει προβλέψεις στο μέλλον ή περιγραφικό για να αποκτήσει γνώση από τα δεδομένα ή και τα δύο.

Η μηχανική μάθηση χρησιμοποιεί τη θεωρία της στατιστικής για τη δημιουργία μαθηματικών μοντέλων, επειδή η βασική διεργασία της είναι η εξαγωγή συμπερασμάτων από δείγματα. Ο ρόλος της επιστήμης των υπολογιστών είναι διπλός: Πρώτον, στην εκπαίδευση, χρειαζόμαστε αποτελεσματικούς αλγόριθμους για την επίλυση του προβλήματος της βελτιστοποίησης, καθώς και να αποθηκεύσουμε και να επεξεργαστούμε τεράστιου όγκου δεδομένα που έχουμε

γενικά. Δεύτερον, από τη στιγμή που μαθαίνεται ένα μοντέλο, η αναπαράστασή του και η αλγοριθμική του λύση για την εξαγωγή συμπερασμάτων πρέπει επίσης να είναι αποτελεσματική. Σε ορισμένες εφαρμογές, η αποτελεσματικότητα του αλγορίθμου μάθησης, δηλαδή η χωρική και χρονική πολυπλοκότητά του, μπορεί να είναι εξίσου σημαντική με την προγνωστική του ακρίβεια.

Η μηχανική μάθηση μας βοηθά επίσης να βρούμε λύσεις σε πολλά προβλήματα στην όραση υπολογιστών, την αναγνώριση ομιλίας και τη ρομποτική. Ας πάρουμε το παράδειγμα της αναγνώρισης προσώπων: Αυτή είναι μια διαδικασία που κάνουμε ασυνείδητα. Καθημερινά αναγνωρίζουμε μέλη της οικογένειας και φίλους κοιτάζοντας τα πρόσωπά τους ή από τις φωτογραφίες τους, παρά τις διαφορές στη πόζα, το φωτισμό, το στυλ μαλλιών κ.λπ. Αλλά το κάνουμε ασυνείδητα και δεν είμαστε σε θέση να εξηγήσουμε πώς το κάνουμε. Επειδή δεν είμαστε σε θέση να εξηγήσουμε την εμπειρία μας, δεν μπορούμε να το μετατρέψουμε σε ένα πρόγραμμα υπολογιστή. Ταυτόχρονα, γνωρίζουμε ότι μια εικόνα προσώπου δεν είναι απλώς μια τυχαία συλλογή από εικονοστοιχεία, αλλά έχει δομή και είναι συμμετρικό. Υπάρχουν τα μάτια, η μύτη, το στόμα, που βρίσκονται σε συγκεκριμένα σημεία του προσώπου. Το πρόσωπο κάθε ατόμου είναι ένα μοτίβο που αποτελείται από έναν συγκεκριμένο συνδυασμό αυτών. Αναλύοντας δείγματα εικόνων προσώπου ενός ατόμου, ένα πρόγραμμα μηχανικής μάθησης μαθαίνει το συγκεκριμένο μοτίβο για αυτό το άτομο και στη συνέχεια το αναγνωρίζει ελέγχοντας για αυτό το μοτίβο σε μια δεδομένη εικόνα. Αυτό είναι ένα παράδειγμα αναγνώρισης προτύπων.

2.1.2 Είδη Μηχανικής Μάθησης

2.1.2.1 Επιβλεπόμενη Μάθηση

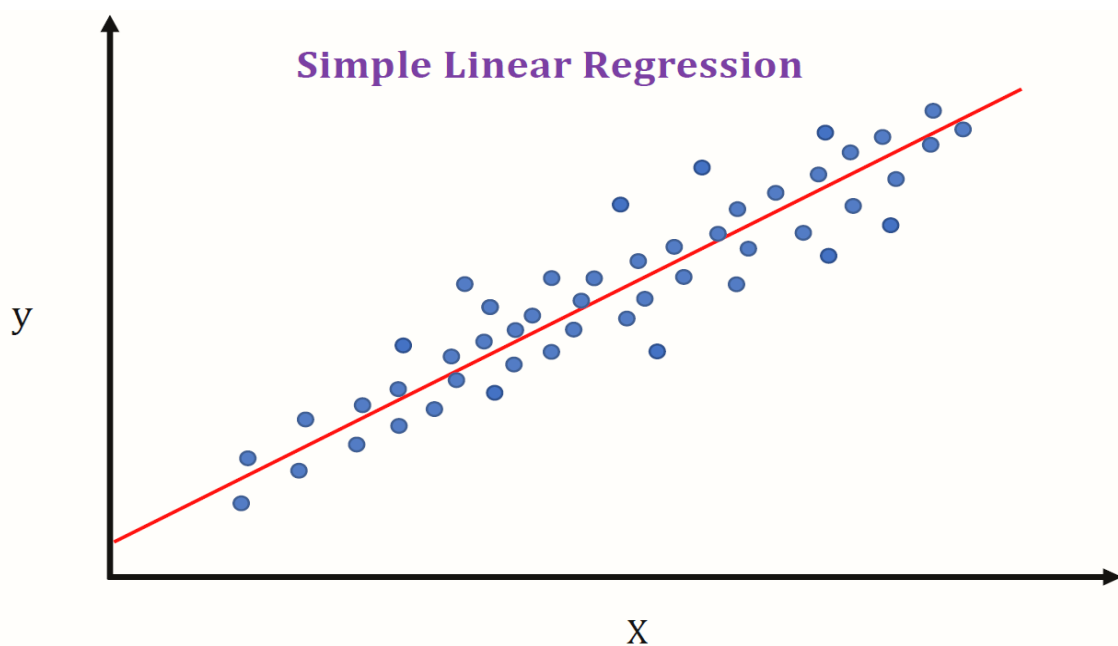
Η επιβλεπόμενη μάθηση, γνωστή και ως επιβλεπόμενη μηχανική μάθηση, είναι μια υποκατηγορία της μηχανικής μάθησης και της τεχνητής νοημοσύνης. Ορίζεται από τη χρήση επισημασμένων συνόλων δεδομένων (labeled training data) για την εκπαίδευση αλγορίθμων που ταξινομούν δεδομένα ή προβλέπουν μελλοντικές τιμές. Καθώς τα δεδομένα εισόδου τροφοδοτούνται στο μοντέλο, τα βάρη του προσαρμόζονται έως ότου το μοντέλο τα αντιπροσοπεύσει κατάλληλα, κάτι που συμβαίνει ως μέρος της διαδικασίας της διασταυρούμενης επικύρωσης (cross-validation process). Η επιβλεπόμενη μάθηση βοηθά τους οργανισμούς να επιλύουν διάφορα προβλήματα του πραγματικού κόσμου σε μεγάλη κλίμακα, όπως είναι η κατηγοριοποίηση των ανεπιθύμητων μηνυμάτων σε ξεχωριστό φάκελο από τα εισερχόμενά.

Η κατηγοριοποίηση ορίζεται ως τη διαδικασία αναγνώρισης και ταξινόμησης αντικειμένων ή δεδομένων σε γνωστές ετικέτες. Με τη βοήθεια συνόλων δεδομένων εκπαίδευσης με γνωστές ετικέτες, η κατηγοριοποίηση χρησιμοποιεί αλγορίθμους μηχανικής μάθησης, όπως είναι το Δέντρο Απόφασης και οι k-πλησιέστεροι γείτονες, ώστε να ταξινομήσει νέα σύνολα δεδομένων στα οποία το μοντέλο δεν έχει εκπαιδευτεί. Δηλαδή, προσπαθεί να αναγνωρίσει τη πιθανότητα ένα αντικείμενο να ανήκει σε μια γνωστή κλάση.

Στα προβλήματα παλινδρόμησης η έξοδος είναι ένας αριθμός. Αυτός ο αριθμός θα μπορούσε να συμβολίζει την τιμή ενός χρησιμοποιημένου αυτοκινήτου. Σε αυτήν τη περίπτωση τα χαρακτηριστικά του, μάρκα, έτος, χωρητικότητα μηχανής,

απόσταση σε μίλια και άλλες σχετικές πληροφορίες, θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ως είσοδοι σε έναν αλγόριθμο παλινδρόμησης.

Το συγκεκριμένο παράδειγμα (Εικόνα 1) μπορεί εύκολα να μοντελοποιηθεί με τη μορφή μια συνάρτησης. Θεωρούμε X τα χαρακτηριστικά του αυτοκινήτου και Y την τιμή του. Με βάση προηγούμενες πωλήσεις μπορούμε εύκολα να συγκεντρώσουμε δεδομένα εκπαίδευσης, όπου το μοντέλο μηχανικής μάθησης “ταιριάζει” μια συνάρτηση στα δεδομένα, για να εκτιμήσει τη τιμή του Y . Μαθηματικά μπορεί να εκφραστεί ως $y = wx + w_0$ όπου το w είναι η κλίση της ευθείας και το w_0 το σημείο τομής της με τον άξονα y .



Εικόνα 1: Παράδειγμα Γραμμικής Παλινδρόμησης

2.1.2.2 Μη Επιβλεπόμενη Μάθηση

Στην επιβλεπόμενη μάθηση, ο στόχος είναι να μάθουμε μια αντιστοίχιση από την είσοδο σε μια έξοδο της οποίας οι σωστές τιμές (labels) παρέχονται από έναν παρατηρητή. Στην μάθηση χωρίς επίβλεψη, δεν υπάρχει τέτοιος παρατηρητής και έχουμε μόνο δεδομένα εισόδου. Γενικά, υπάρχει μια δομή στον χώρο δεδομένων εισόδου, όπου ορισμένα μοτίβα εμφανίζονται πιο συχνά από άλλα και θέλουμε να δούμε τι συμβαίνει γενικά και τι όχι. Στη στατιστική, αυτό ονομάζεται εκτίμηση πυκνότητας.

Υπάρχουν πολλοί τρόποι εκτίμησης της πυκνότητας και μια τέτοια μέθοδος είναι μέσω της συσταδοποίησης. Σκοπός της συσταδοποίησης είναι ο διαχωρισμός των δεδομένων εισόδου σε διακριτές ομάδες (clusters), όπου υπάρχει μικρή απόσταση των δεδομένων από το κέντρο (centroid) της συστάδας (intra-cluster cohesion). Και μεγάλη απόσταση μεταξύ των κέντρων των συστάδων (inter-cluster separation). Στην περίπτωση μιας εταιρείας με δεδομένα παλαιότερων πελατών, όπου τα δεδομένα μπορεί να περιέχουν τις προηγούμενες συναλλαγές τους με την εταιρεία και η εταιρεία μπορεί να θέλει να σχηματίσει το προφίλ των πελατών της, για να δει τι είδους πελάτες εμφανίζονται πιο συχνά. Σε μια τέτοια περίπτωση, ένα μοντέλο

ομαδοποίησης κατανέμει πελάτες παρόμοιους ως προς τα χαρακτηριστικά τους στην ίδια ομάδα, παρέχοντας στην εταιρεία αντιπροσωπευτικές ομάδες των πελατών της. Αυτό ονομάζεται κατάτμηση πελατών (customer segmentation). Μόλις εντοπιστούν τέτοιες ομάδες, η εταιρεία μπορεί να αποφασίσει στρατηγικές, για παράδειγμα, υπηρεσίες και προϊόντα, ειδικά για διαφορετικές ομάδες. Αυτό είναι γνωστό ως διαχείριση πελατειακών σχέσεων (customer relationship management). Μια τέτοια ομαδοποίηση επιτρέπει επίσης τον εντοπισμό εκείνων των δεδομένων που είναι ακραίες τιμές (outliers). Δηλαδή εκείνων που διαφέρουν από άλλους πελάτες, γεγονός που μπορεί να συνεπάγεται με μια θέση στην αγορά όπου να εκμεταλλευτεί περαιτέρω η εταιρεία.

Μια ενδιαφέρουσα εφαρμογή της συσταδοποίησης είναι η συμπίεση εικόνας. Σε αυτήν την περίπτωση, τα στιγμιότυπα εισόδου είναι εικονοστοιχεία εικόνας που αντιπροσωπεύονται ως τιμές RGB. Ένα πρόγραμμα συσταδοποίησης ομαδοποιεί εικονοστοιχεία με παρόμοια χρώματα στην ίδια συστάδα, τα οποία αντιστοιχούν στα χρώματα που εμφανίζονται πιο συχνά στην εικόνα. Αν σε μια εικόνα υπάρχουν μόνο αποχρώσεις ενός μικρού αριθμού χρωμάτων και αν κωδικοποιήσουμε αυτά που ανήκουν στην ίδια ομάδα με ένα χρώμα, για παράδειγμα, τον μέσο όρο τους, τότε η εικόνα κβαντίζεται. Ας υποθέσουμε ότι τα εικονοστοιχεία είναι 24 bit για να αντιπροσωπεύουν 16 εκατομμύρια χρώματα, αλλά εάν υπάρχουν αποχρώσεις μόνο 64 βασικών χρωμάτων, για κάθε εικονοστοιχείο χρειαζόμαστε 6 bit αντί για 24. Για παράδειγμα, εάν η σκηνή έχει διάφορες αποχρώσεις του μπλε σε διαφορετικά μέρη της εικόνας, και αν χρησιμοποιήσουμε το ίδιο μέσο μπλε για όλα, χάνουμε τις λεπτομέρειες στην εικόνα αλλά κερδίζουμε χώρο στην αποθήκευση και τη μετάδοση. Στην ιδανική περίπτωση, κάποιος θα ήθελε να εντοπίσει κανονικότητες υψηλότερου επιπέδου αναλύοντας επαναλαμβανόμενα μοτίβα εικόνας, για παράδειγμα, υφή, αντικείμενα κ.λπ. Αυτό επιτρέπει μια υψηλότερου επιπέδου, απλούστερη και πιο χρήσιμη περιγραφή της σκηνής και, για παράδειγμα, επιτυγχάνει καλύτερη συμπίεση από τη συμπίεση σε επίπεδο εικονοστοιχείου. Εάν έχουμε σαρώσει σελίδες εγγράφων, δεν έχουμε τυχαία ενεργοποίηση/απενεργοποίηση εικονοστοιχείων αλλά εικόνες bitmap χαρακτήρων. Υπάρχει δομή στα δεδομένα και χρησιμοποιούμε αυτόν τον πλεονασμό βρίσκοντας μια συντομότερη περιγραφή των δεδομένων: 16 × 16 bitmap του 'Α' παίρνει 32 byte. Ο κωδικός ASCII του είναι μόνο 1 byte.

2.1.2.3 Ενισχυτική Μάθηση

Σε ορισμένες εφαρμογές, η έξοδος ενός συστήματος είναι μια ακολουθία ενεργειών. Σε μια τέτοια περίπτωση, μια μεμονωμένη ενέργεια δεν είναι σημαντική. Αυτό που έχει σημασία είναι η σειρά των σωστών ενεργειών για την επίτευξη του στόχου, το οποίο ονομάζεται πολιτική (policy). Το σύστημα μας θα πρέπει να είναι σε θέση να επιλέγει εκείνες τις ενέργειες που του μεγιστοποιούν τη συνολική ανταμοιβή μακροπρόθεσμα. Σε μια τέτοια περίπτωση, το πρόγραμμα μηχανικής μάθησης θα πρέπει να είναι σε θέση να αξιολογεί την ποιότητα των πολιτικών και να μαθαίνει από προηγούμενες καλές ακολουθίες ενεργειών για να μπορεί να δημιουργήσει μια καινούργια καλύτερη πολιτική. Τέτοιες μέθοδοι μάθησης ονομάζονται αλγόριθμοι ενισχυτικής μάθησης.

Ένα καλό παράδειγμα είναι η ψυχαγωγία ενός ατόμου με παιχνίδια, όπου μια κίνηση από μόνη της δεν είναι τόσο σημαντική αλλά μια ακολουθία σωστών

κινήσεων είναι. Το παιχνίδι είναι ένας σημαντικός τομέας έρευνας τόσο στην τεχνητή νοημοσύνη όσο και στη μηχανική μάθηση. Αυτό συμβαίνει γιατί τα παιχνίδια περιγράφονται εύκολα και ταυτόχρονα είναι αρκετά δύσκολο να παιχτούν καλά. Ένα παιχνίδι όπως το σκάκι έχει μικρό αριθμό κανόνων αλλά είναι πολύ περίπλοκο λόγω του μεγάλου αριθμού πιθανών κινήσεων σε κάθε κατάσταση και του μεγάλου αριθμού κινήσεων που περιέχει ένα παιχνίδι. Μόλις έχουμε καλούς αλγόριθμους που μπορούν να μάθουν να παίζουν καλά τα παιχνίδια, μπορούμε επίσης να τους εφαρμόσουμε σε εφαρμογές με πιο εμφανή οικονομική χρησιμότητα.

Ένα ρομπότ που πλοηγείται σε ένα περιβάλλον αναζητώντας μια τερματική τοποθεσία είναι ένας άλλος τομέας εφαρμογής της ενισχυτικής μάθησης. Ανά πάσα στιγμή, το ρομπότ μπορεί να κινηθεί προς μία από τις διάφορες κατευθύνσεις. Μετά από μια σειρά δοκιμαστικών δρομολογίων, θα πρέπει να μάθει τη σωστή σειρά ενεργειών για να φτάσει στην τερματική κατάσταση από μια αρχική κατάσταση, κάνοντας αυτό όσο το δυνατόν γρηγορότερα και χωρίς να χτυπήσει σε κανένα από τα εμπόδια.

Τέλος, ένα σοβαρό πρόβλημα που αντιμετωπίζουν τα συστήματα που εφαρμόζουν αλγορίθμους ενισχυτικής μάθησης, είναι η ελλιπής και αναξιόπιστη πληροφόρηση των αισθητήρων.

2.2 Βαθιά Μάθηση

2.2.1 Τι είναι το Τεχνητό Νευρωνικό Δίκτυο

Τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα (Artificial Neural Networks) ή εν συντομία ANN, εμπνεύστηκαν από τη προσπάθεια μοντελοποίησης του ανθρώπινου εγκεφάλου. Ένα νευρωνικό δίκτυο είναι μια συνάρτηση μη γραμμικής αντιστοίχισης (Συνάρτηση 1) από το R^l στο R^K , δηλαδή:

$$f_{NN}: R^M \rightarrow R^K$$

Συνάρτηση 1: Το Νευρωνικό Δίκτυο ως Συνάρτηση

όπου M και K είναι οι διαστάσεις του χώρου της εισόδου και εξόδου αντίστοιχα. Η συνάρτηση f_{NN} συνήθως περιγράφεται ως ένα περίπλοκο σύνολο από μη γραμμικές συναρτήσεις, καθεμία για έναν νευρώνα στο δίκτυο. Οι νευρώνες αποτελούν τα βασικά θεμέλια ενός νευρωνικού δικτύου.

2.2.2 Ο Τεχνητός Νευρώνας

Ο τεχνητός νευρώνας (Artificial Neuron) ή απλά νευρώνας (Εικόνα 2), υλοποιεί μια μη γραμμική αντιστοίχιση (Συνάρτηση 2) συνήθως από το R^M στο $[0,1]$ ή $[-1,1]$, ανάλογα με τη συνάρτηση ενεργοποίησης που χρησιμοποιείται. Δηλαδή:

$$f_{AN}: R^M \rightarrow [0,1]$$

ή

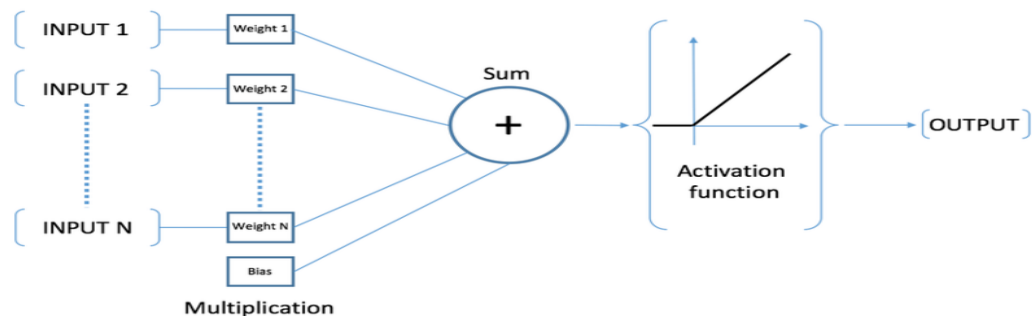
$$f_{AN}: R^M \rightarrow [-1,1]$$

Συνάρτηση 2: Ο Τεχνητός Νευρώνας ως Συνάρτηση

όπου M είναι ο αριθμός των σημάτων εισόδου στο τεχνητό νευρώνα. Ένα AN δέχεται ένα διάνυσμα M σημάτων εισόδου,

$$z = (z_1, z_2, \dots, z_M)$$

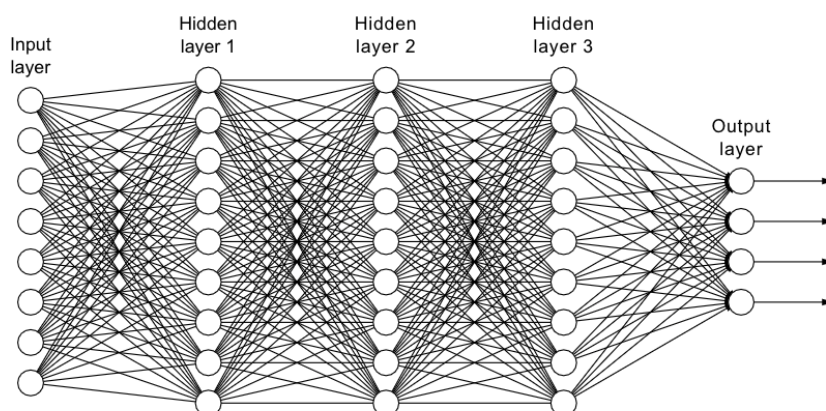
είτε από το περιβάλλον ή από άλλα άλλους τεχνητούς νευρώνες. Σε κάθε σήμα εισόδου, z_n , πολλαπλασιάζεται ένα βάρος, w_n , ώστε να χαρακτηριστεί πόσο σημαντικό είναι ή όχι το συγκεκριμένο σήμα του νευρώνα. Στη συνέχεια, υπολογίζεται το συνολικό σήμα (net input signal), προσθέτοντας τα μερικά γινόμενα $z_n w_n$. Και μέσω της συνάρτησης ενεργοποίησης f_{AN} το σήμα εξόδου, o , παράγεται, με είσοδο το αποτέλεσμα του συνολικού σήματος. Επίσης, το σήμα εξόδου επηρεάζεται στο τέλος από μια τιμή κατωφλίου, θ , που συχνά αναφέρεται και ως όρος κανονικοποίησης (bias).



Εικόνα 2: Λειτουργία Τεχνητού Νευρώνα

2.2.3 Συνδεδεμένα Δίκτυα Πρόσθιας Τροφοδότησης

Ένα πολυεπίπεδο νευρωνικό δίκτυο αποτελείται από πολλά στρώματα ή επίπεδα. Το κάθε στρώμα συγκροτείται από πολλούς νευρώνες (κόμβους), με την ίδια δομή που περιγράφηκε στην προηγούμενη υποενότητα. Η μόνη διαφορά παρατηρείται στο πρώτο επίπεδο (είσοδος), όπου οι νευρώνες είναι συνιστώσες ενός διανύσματος εισόδου. Δηλαδή, οι έξοδοι των νευρώνων του επιπέδου εισόδου είναι οι τιμές των στοιχείων του διανύσματος. Είναι σημαντικό να τονιστεί πως τα βάρη των ακμών στην είσοδο είναι ίσα με τη μονάδα, κάτι που δεν συμβαίνει στα επόμενα επίπεδα. Στα υπόλοιπα στρώματα, οι έξοδοι είναι οι τιμές ενεργοποίησης των νευρώνων. Κάθε επίπεδο στο δίκτυο μπορεί να έχει διαφορετικό πλήθος νευρώνων, ανάλογα το πεδίο εφαρμογής. Η τιμή κάθε κόμβου στην έξοδο παρέχεται ως είσοδος στους νευρώνες του επόμενου επιπέδου για να σχηματίσουν ένα πλήρες συνδεδεμένο δίκτυο, κάνοντας το δίκτυο πυκνό. Τέτοια δίκτυα ονομάζονται πλήρως συνδεδεμένα δίκτυα πρόσθιας τροφοδότησης (Εικόνα 3).



Εικόνα 3: Συνδεδεμένο Δίκτυο Πρόσθιας Τροφοδότησης

2.2.4 Συνελικτικά Νευρωνικά Δίκτυα

Τα βαθιά συνελικτικά νευρωνικά δίκτυα ή απλώς συνελικτικά νευρωνικά δίκτυα (Convolutional Neural Networks ή CNN), αποτελούν μια κατηγορία νευρωνικών δικτύων που δέχονται ως είσοδο εικόνες και είναι ιδανικά για την αυτοματοποιημένη εκμάθηση χαρακτηριστικών και κατηγοριοποίηση εικόνων. Σε αντίθεση με τα πλήρως συνδεδεμένα νευρωνικά δίκτυα που εξηγήσαμε σε προηγούμενη ενότητα, τα οποία τροφοδοτούνται με διανύσματα στην είσοδό τους.

Η αρχιτεκτονική ενός απλού CNN αποτελείται από 3 βασικά επίπεδα, τα οποία είναι:

- Συνελικτικό επίπεδο (Convolution layer)
- Υποδειγματοληψίας επίπεδο (Pooling layer)

- ο Πλήρως συνδεδεμένο επίπεδο (Fully connected layer)

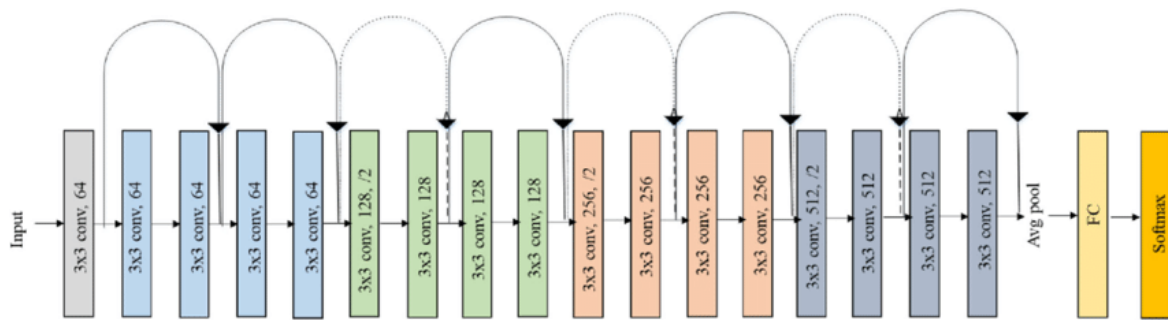
Στο συνελικτικό επίπεδο πραγματοποιείται η πράξη της χωρικής συνέλιξης. Η συνέλιξη υπολογίζει ένα άθροισμα γινομένων ανάμεσα σε εικονοστοιχεία και ένα σύνολο βαρών πυρήνων. Αυτό πραγματοποιείται για κάθε θέση (x, y) της αρχικής εικόνας εισόδου και το αποτέλεσμα της πράξης είναι μια βαθμωτή τιμή. Σε κάθε τιμή του αποτελέσματος της συνέλιξης προσθέτουμε μια τιμή πόλωσης (bias) όπου διαβιβάζεται στην αντίστοιχη θέση στην είσοδο του επόμενου επιπέδου. Αυτή η διαδικασία οδηγεί σε έναν διδιάστατο πίνακα ο οποίος ονομάζεται χάρτης χαρακτηριστικών (feature map).

Ακολουθώντας το συνελικτικό επίπεδο είναι το επίπεδο υποδειγματοληψίας. Σκοπός του επιπέδου είναι η μείωση του μεγέθους ενός χάρτη χαρακτηριστικών, με την μέθοδο της υποδειγματοληψίας ή αλλιώς συνάθροισης, για υπολογιστικούς λόγους. Όταν εκπαιδεύουμε ένα CNN με μεγάλες βάσεις δεδομένων εικόνων, η συνάθροιση μειώνει τον όγκο δεδομένων προς επεξεργασία. Η συνάθροιση πραγματοποιεί μία υποδιαίρεση του χάρτη χαρακτηριστικών σε μικρά σύνολα περιοχών, συνήθως 2×2 , αντικαθιστώντας όλα τα στοιχεία με μία τιμή. Υπάρχουν αρκετοί μέθοδοι για τον υπολογισμό της τιμής, με τις πιο συνηθισμένες να είναι: η μέση συνάθροιση (Average pooling) και η μέγιστη συνάθροιση (Max pooling).

Σκοπός κάθε CNN είναι η χρήση των χαρακτηριστικών, των οποίων έχει μάθει από προηγούμενα επίπεδα, ώστε να πραγματοποιήσει την κατηγοριοποίηση. Ωστόσο, οι έξοδοι των προηγούμενων επιπέδων είναι διδιάστατοι πίνακες. Για τον λόγο αυτό χρησιμοποιείται μια γραμμική διευθυνοδότηση, ώστε να μετατρέψει τους διδιάστατους πίνακες σε διανύσματα. Στη συνέχεια, τα διανύσματα διαβιβάζονται ως είσοδοι σε ένα πλήρες συνδεδεμένο νευρωνικό δίκτυο, όπου η διαδικασία είναι γνωστή.

2.2.5 Συνελικτικό Νευρωνικό Δίκτυο της Εφαρμογής

Το συνελικτικό νευρωνικό δίκτυο που υιοθετήθηκε, ανήκει στην οικογένεια νευρωνικών δικτύων ResNet (Residual Neural Network). Τα νευρωνικά δίκτυα ResNet είναι παρόμοια με το βασικό νευρωνικό δίκτυο που έχουμε αναλύσει σε προηγούμενη ενότητα, ωστόσο έχουν ένα πολύ βασικό χαρακτηριστικό που τα κάνουν μοναδικά. Αυτό το χαρακτηριστικό ονομάζεται παράλειψη συνδέσεων (skip connections). Η παράλειψη συνδέσεων δίνει την δυνατότητα κατασκευής νευρωνικών δικτύων πολλαπλών επιπέδων ή αλλιώς βαθιά νευρωνικά δίκτυα (Deep Neural Networks). Για το λόγο αυτό δημιουργήθηκαν τα ResNet-18, ResNet-34, ResNet-50, ResNet-101, ResNet-110, ResNet-152, ResNet-164, ResNet-1202, με τη διαφορά, μεταξύ τους στον αριθμό των επιπέδων που χρησιμοποιούν. Από τα προαναφερθέντα, εφαρμόστηκε το ResNet-18 (Εικόνα 4), λόγω της πολύ καλής απόδοσης του σε έξυπνες συσκευές καθώς και των μικρό σε πλήθος στρωμάτων που έχει. Παρακάτω φαίνεται η βασική αρχιτεκτονική του.



Εικόνα 4: Αρχιτεκτονική ResNet-18

Η εκπαίδευση του ResNet-18 πραγματοποιήθηκε με τη χρήση της γλώσσας προγραμματισμού Python, των βιβλιοθηκών/frameworks `opencv` και `pytorch`, καθώς και του συνόλου δεδομένων FoodX-251.

Το FoodX-251 είναι ένα σύνολο δεδομένων 251 διακριτών κλάσεων με 118 χιλιάδες εικόνες εκπαίδευσης, 12 χιλιάδες εικόνες επαλήθευσης και 28 χιλιάδες εικόνες δοκιμής. Για τις εικόνες εκπαίδευσης και δοκιμής έχουν διατεθεί ανθρώπινες επαληθευμένες ετικέτες. Οι κλάσεις είναι λεπτομερείς και οπτικά παρόμοιες, για παράδειγμα, διαφορετικοί τύποι κέικ, σάντουιτς, πουτίγκες, σουπές και ζυμαρικά.

Επιπλέον, ακολουθήθηκε η καθιερωμένη εκπαίδευση/επαλήθευση ενός μοντέλου μηχανικής μάθησης. Δηλαδή, ο διαχωρισμός του συνόλου δεδομένων σε σύνολα εκπαίδευσης, με τα οποία το μοντέλο θα μάθει, και επαλήθευσης, όπου θα αξιολογηθεί η επίδοση του. Ειδικότερα, τα βήματα είναι τα εξής:

- Αλλαγή των διαστάσεων των εικόνων σε 224×224 με χρήση της βιβλιοθήκης `opencv`.
- Τοποθέτηση των εικόνων και ετικετών σε κατάλληλους πίνακες.
- Σε κάθε εποχή (epoch) και με μέγεθος batch ίσο με 128 εικόνες, τις εισάγουμε στο CNN.
- Υπολογίζεται η απώλεια του νευρωνικού με χρήση του Cross Entropy.
- Τέλος, η απώλεια μεταδίδεται προς τα αρχικά επίπεδα, με χρήση του αλγορίθμου back propagation, και προσαρμόζονται τα βάρη των νευρώνων κατάλληλα.

Αξίζει να επισημανθεί, πως σε κάθε εποχή αξιολογείται η επίδοση του νευρωνικού, ώστε να παρακολουθούμε την πορεία του σε κάθε βήμα της εκπαίδευσης. Επίσης, με την εφαρμογή της τεχνικής πρόωρης διακοπής (early stopping), αποφεύγεται το φαινόμενο της υπερπροσαρμογής.

Η διαδικασία αξιολόγησης του νευρωνικού δικτύου είναι παρόμοια με αυτής της εκπαίδευσης, με την διαφορά ότι δεν εφαρμόζουμε back propagation στην απώλεια αλλά μόνο υπολογίζεται.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 Διεπαφές Χρηστών με Χρήση Κινητών Εφαρμογών

3.1. Επεξήγηση Επιλογής Κινητών Διεπαφών

Οι διεπαφές εφαρμογών (UI) με τις οποίες αλληλεπιδρούν οι χρήστες έχουν υποστεί ανά τα έτη μεγάλες αλλαγές. Από τις κάρτες και την ασπρόμαυρη οθόνη στα γραφικά περιβάλλοντα των σημερινών σύγχρονων ηλεκτρονικών υπολογιστών.

Η εξέλιξη αυτή έφερε αλλαγές και στις κινητές συσκευές, οι οποίες με την μορφή του όρου “έξυπνα κινητά” (smartphones όπως επίσημα θα αναφέρεται παρακάτω) υιοθέτησαν μια δική τους κατηγορία διεπαφών. Εκεί που οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές χρησιμοποιούν, για παράδειγμα, παράθυρα τα κινητά χρησιμοποιούν δικούς τους μεθόδους αναπαράστασης δεδομένων, ανάλογα το λειτουργικό που χρησιμοποιείται αλλά έχουν τον ίδιο γενικό σκοπό: την δημιουργία εύχρηστων, διαδραστικών διεπαφών σε μικρότερες συσκευές και ταμπλέτες (tablets)

Η επιλογή επικέντρωσης σε εφαρμογές κινητών συσκευών σχετικά με τον μηχανισμό που παρουσιάζεται στην πτυχιακή γίνεται διότι οι κινητές συσκευές είναι πλέον ευρέως διαθέσιμες για όλους, και είναι εύκολο να υλοποιηθεί μια απαιτητική εφαρμογή την οποία ο χρήστης θα μπορεί να χρησιμοποιεί καθημερινά χωρίς να έχει χωρικούς περιορισμούς: όπως πιθανώς θα είχε με κάποια εφαρμογή ηλεκτρονικού υπολογιστή.

3.2. Ιστορική Αναδρομή Κινητών Εφαρμογών

Οι διεπαφές των χρηστών με τις κινητές εφαρμογές έχουν αλλάξει σε μεγάλο βαθμό ανά τα έτη. Αξίζει να αναλογιστούμε ότι το πρώτο smartphone κυκλοφόρησε το 1994 από την IBM με όνομα “Simon” (Εικόνα 5) χωρίς κάποια εφαρμογή εκτός από τις προεγκατεστημένες όπως ημερολόγιο και ξυπνητήρι.



Εικόνα 5: IBM Simon: Το πρώτο smartphone

Αρκετά χρόνια αργότερα το 2007 κυκλοφόρησε το πρώτο iPhone (Εικόνα 7), με λειτουργικό iOS, ακολουθούμενο το 2008 από το πρώτο Android (Εικόνα 6). Οι εφαρμογές που κυκλοφόρησαν στην αρχή ήταν απλές και σχετικά απαιτητικές για τα κινητά της εποχής. Η διεπαφή των χρηστών με εκείνα τα smartphones και τις εφαρμογές ήταν πολύ διαφορετική με αυτή του σήμερα. Οι χρήστες αρκούνταν στην λειτουργικότητα της εφαρμογής και δεν έθεταν την προσοχή τους στις σχεδιαστικές λεπτομέρειες και την ταχύτητά της.



Εικόνα 6: HTC Dream: Το πρώτο Android smartphone



Εικόνα 7: iPhone: Το πρώτο iOS smartphone

Με την πάροδο του χρόνου και όσο οι συσκευές αναβαθμιζονταν οι δυνατότητες των smartphones αυξάνονταν. Η επεξεργαστική τους ισχύς, η χωρητικότητα σε μνήμη και οι δυνατότητες της αναπαράστασης γραφικών από αυτά αυξάνονταν ραγδαία.

Φυσικό επακόλουθο ήταν να υπάρξει απότομη αύξηση τόσο των εφαρμογών (περίπου 2.8 εκατομμύρια στο Google Play το 2017) όσο και των προδιαγραφών τους. Συγκεκριμένα, σχεδιαστικά υπήρξαν αλλαγές. Οι εφαρμογές έγιναν πιο γρήγορες, πιο μικρές σε μέγεθος σε αναλογία με την χωρητικότητα του κινητού, και πιο μινιμαλιστικές.

Οι καθολικές λειτουργίες που προσέφερε κάθε εφαρμογή επίσης άλλαξαν: οι περισσότερες εφαρμογές υποστηρίζουν λειτουργίες ως βοήθημα για ομάδες ατόμων που τις χρειάζονται όπως τους ηλικιωμένους. Αυτές οι λειτουργίες περιλαμβάνουν αλλά δεν περιορίζονται σε αλλαγή γλώσσας, μεγέθυνση κειμένου κτλ.

3.3. Σχεδιαστικές Αρχές Εφαρμογών

Όπως προαναφέρθηκε οι εφαρμογές έχουν αλλάξει. Από απλές υλοποιήσεις πλέον έχει οριστεί ένα συγκεκριμένο πλαίσιο ανάπτυξης εφαρμογών, τόσο από την Apple που είναι υπεύθυνη για το λογισμικό iOS, όσο και από την Google που είναι υπεύθυνη για το λογισμικό Android. Σημαντικό κρίνεται επομένως σε αυτό το κεφάλαιο να αναλυθούν οι σχεδιαστικές αρχές που έχουν κοινοποιηθεί από τους παραπάνω “υπεύθυνους”.

Αρχικά, αξίζει να αναφερθεί πως και οι δύο εταιρείες έχουν αναπτύξει δικές τους βιβλιοθήκες (libraries) τις οποίες οι προγραμματιστές και σχεδιαστές εφαρμογών μπορούν να χρησιμοποιήσουν για να υλοποιήσουν τις εφαρμογές τους. Μια βιβλιοθήκη είναι ένα “πακέτο” συγκεκριμένων αρχείων κώδικα τον οποίο κάθε προγραμματιστής μπορεί να επαναχρησιμοποιήσει για να επιτελέσει μια λειτουργία. Μέσα σε αυτές εφαρμόζονται οι προαναφερόμενες σχεδιαστικές αρχές της κάθε εταιρείας ώστε να επιτευχθεί η μέγιστη ικανοποίηση από μεριά των χρηστών. Παρακάτω γίνεται ανάλυση των συγκεκριμένων βιβλιοθηκών.

3.3.1 Human Interface Guidelines (Apple - iOS)

Η Apple έχει σχεδιάσει τις Προτάσεις για τον Σχεδιασμό Ανθρώπινων Διεπαφών (επίσημα ορισμένο ως Human Interface Guidelines- Εικόνα 8). Μέσα από αυτό τονίζεται πως οι εφαρμογές επιβάλλεται να πληρούν ορισμένους στόχους για να παραδοθεί στους χρήστες μια εύχρηστη εφαρμογή.

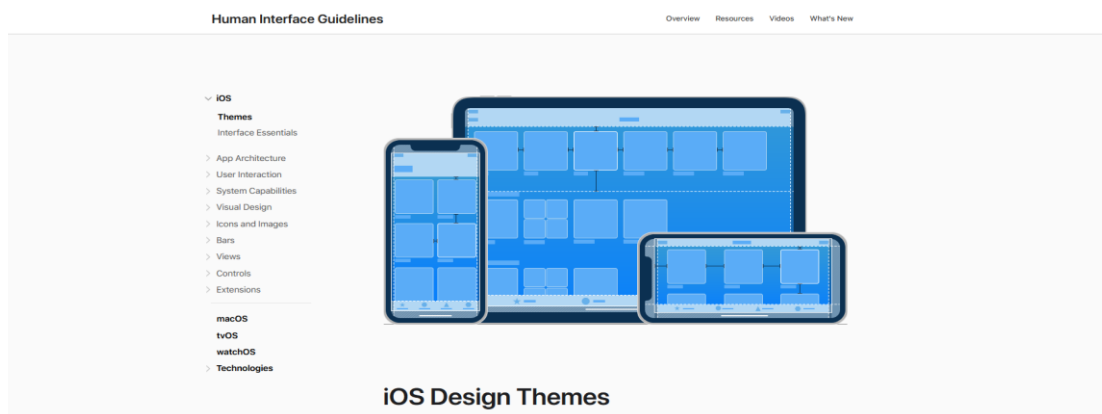
Υπογραμμίζεται πως αυτό που διαχωρίζει το iOS με τις άλλες πλατφόρμες είναι τρία κύρια σημεία: σαφήνεια, σεβασμός στον χρήστη και βάθος. Αυτά τα τρία σημεία επιβάλλεται να επιτύχουν οι προγραμματιστές με σκοπό την επίτευξη της μέγιστης ικανοποίησης των χρηστών. Για να γίνει αυτό, επιβάλλεται να ακολουθηθούν ορισμένες σχεδιαστικές αρχές.

Αρχικά, πρέπει να υπάρχει αισθητική ακεραιότητα: μια εφαρμογή με σημαντικό και σοβαρό ή ευαίσθητο περιεχόμενο που απαιτεί την απρόσκοπτη προσοχή του χρήστη πρέπει να έχει γραφικά που δεν τον εμποδίζουν. Από την άλλη, μια εμβυθιστική εφαρμογή όπως ένα παιχνίδι πρέπει να έχει ζωντανά χρώματα και σχήματα που υπόσχεται διασκέδαση και προωθεί την ανακάλυψή της.

Έπειτα, επιβάλλεται η ύπαρξη συνοχής σε συνδυασμό με σωστή ανταπόκριση στις ενέργειες του χρήστη. Είναι αναγκαίο, δηλαδή, όχι μόνο να υπάρχουν ίδιες στιλιστικές επιλογές στην εφαρμογή όσον αφορά για παράδειγμα την γραμματοσειρά, αλλά και απαιτούμενη ανταπόκριση και ενημέρωση των χρηστών για τις ενέργειές τους και τα αποτελέσματα αυτών μέσα στην εφαρμογή.

Επιπλέον, είναι σημαντικό μια εφαρμογή να έχει σχεδιαστεί με άξονα τον απόλυτο έλεγχο του χρήστη. Κάθε περιστροφή της οθόνης, κάθε άγγιγμα μπορεί να μορφοποιεί ανάλογα την εφαρμογή σύμφωνα με τις ανάγκες του.

Τέλος, θεωρείται ιδιαίτερα θετικό αν μια εφαρμογή σχεδιάζεται σαν κάτι που ο χρήστης έχει βιώσει στην καθημερινότητά του (αληθινή ή ψηφιακή), με απώτερο σκοπό την ευκολότερη εκμάθησή της από αυτόν. Παρατηρούμε πως η Apple έχει θεσπίσει αναλυτικό πλαίσιο οδηγιών και κανόνων για την υλοποίηση μιας ορθής εφαρμογής για τον χρήστη.



Εικόνα 8: Human Interface Guidelines

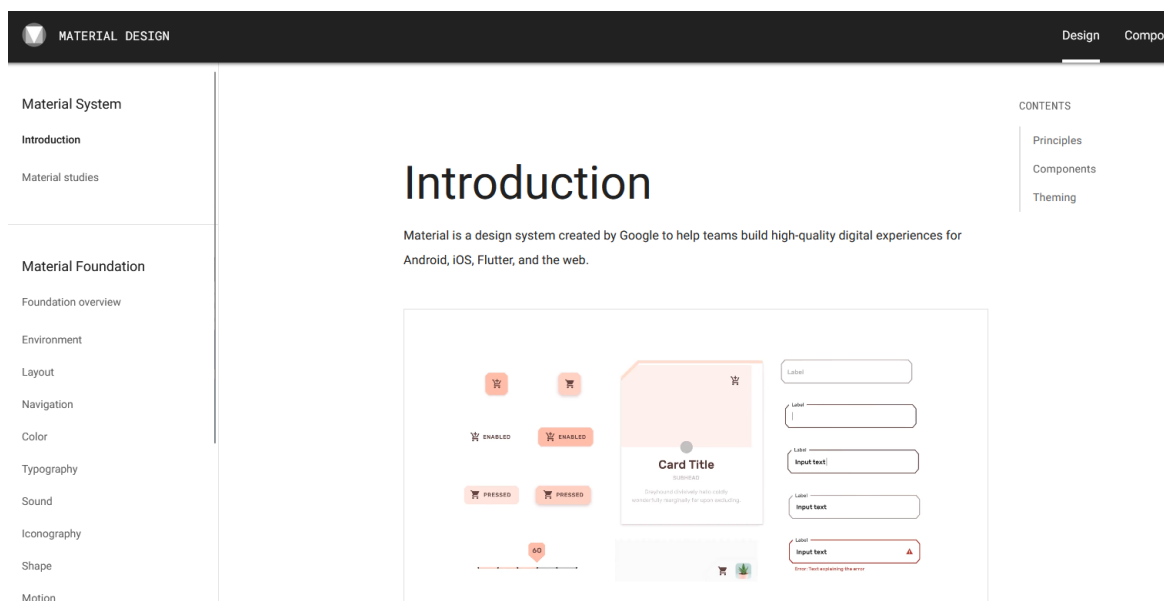
3.3.2 Material Design (Google – Android, iOS)

Από μεριάς της Google έχει παραδοθεί ο Σχεδιασμός Αντικειμένων (επίσημη ονομασία Material Design - Εικόνα 9). Είναι ένα πακέτο σχεδιασμού, αναλυτικών οδηγιών και εγγράφων για κάθε ένα από τα κομμάτια που μπορεί να χρησιμοποιήσει ο κάθε προγραμματιστής από την βιβλιοθήκη της. Αυτά μπορεί να είναι οτιδήποτε απαρτίζει μια εφαρμογή, από κουμπιά μέχρι και εξατομικευμένα πεδία εισαγωγής κειμένου. Σε αντίθεση με αυτήν της Apple, η βιβλιοθήκη της Google μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο σε Android όσο και σε iOS συσκευές.

Το Material Design βασίζεται και αυτό σε συγκεκριμένες αρχές. Αρχικά, όπως και στο Human Interface Guidelines έτσι και εδώ πρέπει τα στοιχεία που χρησιμοποιούνται να συνδέονται με τον πραγματικό ή ψηφιακό κόσμο του χρήστη, ώστε να του δημιουργήσουν οικειότητα και να τον βοηθήσουν στην αποτελεσματικότερη εκμάθηση της εφαρμογής. Επιπρόσθετα, επιβάλλεται η ύπαρξη στοιχείων με έντονα γραφικά στοιχεία και κίνηση που δημιουργούν την μια εμβυθιστική αίσθηση στον χρήστη και του εφιστούν την προσοχή και το ενδιαφέρον.

Μέρος του Material Design είναι τα ίδια τα Material Components: τα προ-δημιουργημένα δομικά στοιχεία που όπως προαναφέρθηκε μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τους προγραμματιστές σε κάθε εφαρμογή τους, εξασφαλίζοντας αυτόματα έτσι πως θα πληρούν τις παραπάνω σχεδιαστικές αρχές που έχουν οριστεί από το Material Design.

Τα “κομμάτια” αυτά (components) καλύπτουν μια πληθώρα αναγκών διεπαφών στην εφαρμογή όπως την πλοήγηση, την επικοινωνία και την εισαγωγή στοιχείων. Ακόμα και για τα ίδια τα components η Google έχει φροντίσει στο να εκδώσει συγκεκριμένα πλαίσια χρήσης τους με στόχο να βεβαιώσει την ορθή χρήση τους και την ομαλή λειτουργία των εφαρμογών που τα χρησιμοποιούν: δίνοντας μεγάλη βάση και στον σχεδιασμό τους, στα χρώματα, την τυπογραφία και τα σχήματα των κομματιών αυτών.



Εικόνα 9: Material Design

Το Material Design και επομένως τα Material Components όπως και το Human Interface Guidelines που αναλύθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο είναι σύγχρονες και συνεχώς ενημερωμένες τεχνολογίες ανάπτυξης κινητών διεπαφών, λαμβάνοντας τακτικές ενημερώσεις. Πρόσφατα μάλιστα για τις συσκευές Android που χρησιμοποιούν το νεότερο λογισμικό είναι διαθέσιμη η νέα έκδοση του Material Design, η οποία υπόσχεται βελτίωση στον μινιμαλιστικό σχεδιασμό των components και στοχεύει στην απρόσκοπτη λειτουργικότητά τους.

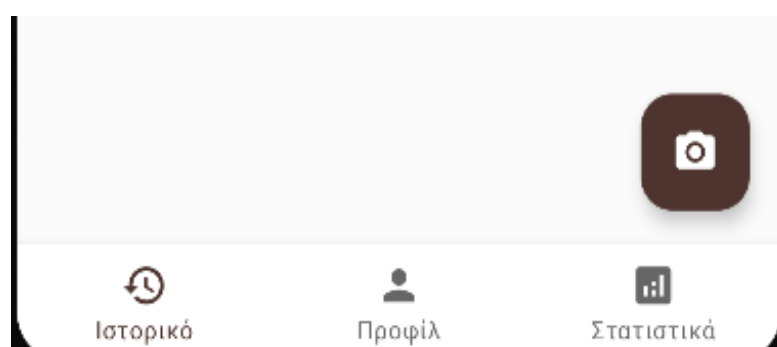
3.4. Ανάλυση Διεπαφής της Εφαρμογής

Για τον προτεινόμενο μηχανισμό που παρουσιάζεται σε αυτή την Πτυχιακή εργασία χρησιμοποιήθηκε η τεχνολογία του Material Design για την υλοποίησή του με την μορφή εφαρμογής σε λογισμικό Android. Η επιλογή αυτή έγινε με τον γνώμονα πως η πληθώρα των χρηστών χρησιμοποιεί κινητά με Android λογισμικό, όντας πιο οικονομικά προσιτά και φιλικά ακόμα και στους αρχάριους χρήστες ανεξαρτήτου ηλικίας. Πιο συγκεκριμένα, στατιστικά δηλώνουν πως τα κινητά με λογισμικό Android κυριαρχούν στην παγκόσμια αγορά έναντι των iPhone (κινητά με λογισμικό iOS) σε ποσοστό 72.2%.

Για την ανάπτυξη της εφαρμογής χρησιμοποιήθηκε η γλώσσα προγραμματισμού Kotlin, που είναι η πλέον προτεινόμενη από την Google και υποστηρίζεται πλήρως από αυτή ως γλώσσα ανάπτυξης κινητών εφαρμογών σε Android: εκθρονίζοντας την Java που μέχρι στιγμής είχε το “μονοπώλιο” της ιδιότητας αυτής. Εξαιρέση φυσικά αποτελούν τα iPhone με την ανάπτυξη των εφαρμογών τους να γίνεται στην γλώσσα Swift, αποκλειστική σε λογισμικό macOS: πράγμα που αποτέλεσε ακόμα έναν λόγο στην επιλογή ανάπτυξης σε περιβάλλον Android λόγω μη διάθεσης του συγκεκριμένου υλικού και λογισμικού.

Ολόκληρη η εφαρμογή επομένως χρησιμοποιεί συστατικά από την βιβλιοθήκη Material Components, και είναι πλήρως συμβατή με τις σχεδιαστικές αρχές και οδηγίες που έχουν εκδοθεί από την Google. Υποστηρίζει την δυνατότητα αλλαγής σε ποικίλες γλώσσες, με την συγκεκριμένη υλοποίηση να διαθέτει μετάφραση σε ελληνικά. Επιπρόσθετα, η εφαρμογή-μηχανισμός είναι ικανή να λειτουργήσει σε όλες τις κινητές συσκευές που χρησιμοποιούν Android, από κινητά μέχρι και tablet, με συμβατότητα ακόμη και με την παλαιότερη έκδοση του Android 5 (2014). Αξίζει να αναφερθεί ότι η εφαρμογή διαθέτει και δύο λειτουργίες ημέρας και νύχτας (day/night mode) ανάλογα με τις ρυθμίσεις του συστήματος του χρήστη, προσθέτοντάς του ακόμη μεγαλύτερη ευελιξία και δίνοντας παράλληλα βάση και στις προσωπικές του προτιμήσεις.

Παρακάτω θα παρουσιαστούν αναλυτικά τα στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν για την εφαρμογή με παραδείγματα από αυτήν.



Εικόνα 10: Bottom Navigation Bar

Αρχικά θα αναλυθεί η “καρδιά” της πλοήγησης στην εφαρμογή. Πρόκειται για τον πλοηγό κάτω μέρους (Bottom Navigation- Εικόνα 10), μέσω του οποίου ο χρήστης πλοηγείται στις τέσσερις τοποθεσίες/σελίδες της εφαρμογής: το Ιστορικό, το Προφίλ, τα Στατιστικά και την Κάμερα. Περισσότερες λεπτομέρειες δίνονται σε παρακάτω κεφάλαιο. Ο πλοηγός αποτελείται από το πλαίσιο που φιλοξενεί τα τρία εικονίδια και ένα κουμπί που οδηγεί στην κάμερα. Αξίζει να αναφερθεί πως ο πλοηγός έχει την ιδιότητα να εμφανίζεται σε κάθε σελίδα της εφαρμογής (εκτός της κάμερας) έτσι ώστε ο χρήστης να μπορεί να πλοηγείται σε αυτή χωρίς δυσκολία. Το μέγεθος των εικονιδίων, καθώς και η λειτουργικότητα του πλοηγού είναι προϊόν δημιουργίας της βιβλιοθήκης.



Εικόνα 11: Κουμπιά

Τα κουμπιά (Εικόνα 11) που χρησιμοποιούνται στην εφαρμογή είναι πλήρως εξατομικευμένα με τις ανάγκες της. Είναι προγραμματισμένα από την βιβλιοθήκη με τέτοιο τρόπο ώστε οι προγραμματιστές της εφαρμογής να μπορέσουν να τα αξιοποιήσουν και να τα μορφοποιήσουν σύμφωνα με την θέλησή τους. Εδώ συγκεκριμένα παρουσιάζεται ένα παράδειγμα ομαδοποιημένων τριών κουμπιών, με την εξατομίκευση που έχει οριστεί να τροποποιεί το σχήμα του κουμπιού σε πιο κυκλικό αντί για τετράγωνο, και το χρώμα να αλλάζει σε αυτό της εφαρμογής. Σε επόμενο κεφάλαιο θα παρουσιαστεί η εφαρμογή και στα αγγλικά για να γίνει επίδειξη της λειτουργίας αλλαγής γλώσσας σε αυτή- η οποία λειτουργία υποστηρίζεται σε όλα τα συστατικά της εφαρμογής.

Επιβεβαίωση Υλικών Φαγητού

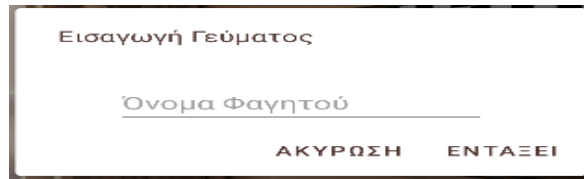
- ☒ Cinnamon
- ☒ Cream
- ☒ Sugar
- ☒ Flour
- ☒ Walnuts
- ☒ Salt
- ☒ Raisins

ΑΚΥΡΩΣΗ ΕΝΤΑΞΕΙ

Είναι το φαγητό κάποιο από τα παρακάτω;

- ☒ Rugulah
- ☐ Oyster
- ☐ Poi

ΑΚΥΡΩΣΗ ΕΝΤΑΞΕΙ



Εικόνα 12-13-14: Παράθυρα Διαλόγου

Οι παραπάνω εικόνες (12-13-14) απεικονίζουν τα διάφορα παράθυρα διαλόγου που είναι διαθέσιμα στην εφαρμογή. Από τα αριστερά στα δεξιά και προς τα κάτω φαίνεται: παράθυρο διαλόγου με τετράγωνα (checkbox dialog), με κυκλικά κουμπιά (radio button dialog), και με πεδίο εισαγωγής κειμένου. Τα μικρο-στοιχεία όπως τα τετράγωνα στο πρώτο παράθυρο διαλόγου είναι προκαθορισμένα από την βιβλιοθήκη. Τα συγκεκριμένα δεν αλλάζουν χωρίς παρεμβάσεις και παρακάμψεις σε ορισμένα σημεία. Δεν έχουν σχεδιαστεί για να υποστούν αλλαγές από κάθε προγραμματιστή μεμονωμένα όπως προηγουμένως. Αυτό διότι αυτά στοιχεία είναι αυστηρά καθορισμένα σχεδιαστικά και σε μέγεθος ώστε να είναι ευκρινή και κατανοητά ως προς τον χρήστη. Σημαντικό είναι να παρατηρηθεί η ποικιλία διαφορετικών επιλογών που έχουν οι προγραμματιστές όσων αφορά τα παράθυρα διαλόγου, καθώς υπάρχει πληθώρα επιλογών πέρα και από τις τρεις που παρουσιάστηκαν παραπάνω. Επίσης, ακόμη και να μην αλλάζουν τα μικρο-στοιχεία που αναφέρθηκαν, υπάρχουν ορισμένα τα οποία είναι πλήρως εξατομικευμένα. Αυτά περιλαμβάνουν το μέγεθος, τον σχεδιασμό και το σχήμα του παραθύρου, καθώς και



Εικόνα 15: Ένδειξη Φόρτωσης

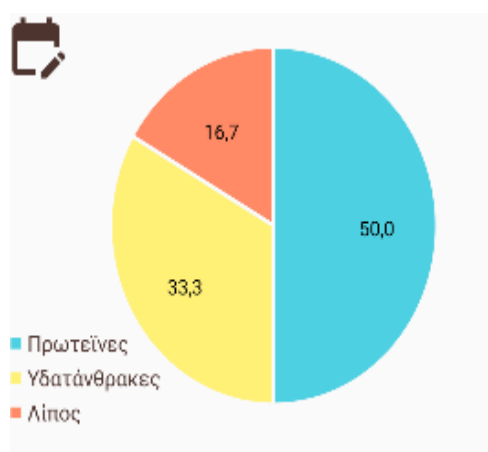
το ακριβές περιεχόμενό του.

Για να μπορέσουν οι χρήστες να ενημερωθούν για οποιαδήποτε καθυστέρηση λόγω φόρτωσης κάποιου πόρου χρησιμοποιείται η ένδειξη φόρτωσης (Εικόνα 15). Στην συγκεκριμένη εφαρμογή έγινε η χρήση της κυκλικής μορφής της ένδειξης φόρτωσης, και γενικότερα υπάρχει ακόμη και η μπάρα φόρτωσης: και οι δύο μπορούν να είναι στατικές ή να υποστηρίζουν κίνηση κατά την φόρτωση. Εδώ για παράδειγμα ο εσωτερικός κύκλος περιστρέφεται κατά την φόρτωση, ώσπου οι προγραμματιστές να δώσουν την εντολή για την εξαφάνιση της ένδειξης. Τέλος και για το συγκεκριμένο στοιχείο-εξάρτημα υποστηρίζεται εξατομικευση, καθώς υπάρχει η δυνατότητα για την αλλαγή του χρώματος και του μεγέθους τόσο του πλαισίου όσο και του κύκλου που περιέχεται μέσα σε αυτό.

Φαγητό:Rugulah
Ημερομηνία:12/5/2022
Ώρα:21:08:28
Γεύμα:Dinner
Υλικά: Sugar

Εικόνα 16: Κάρτα

Οι κάρτες (Εικόνα 16) είναι ένας ευέλικτος τρόπος για την ομαδοποίηση στοιχείων μεταξύ τους και βοηθούν στο να επικεντρώσουν την προσοχή του χρήστη σε αυτά. Είναι από τα λιγότερο αυστηρώς καθορισμένα κομμάτια των Material Components καθώς πέρα από τις γενικές οριοθετήσεις και συστάσεις από την Google μέσω των σχεδιαστικών αρχών οι προγραμματιστές έχουν απόλυτη ελευθερία για την τροποποίησή τους. Στη συγκεκριμένη περίπτωση προτιμήθηκε λιτός σχεδιασμός, με κυκλικό περίγραμμα ώστε να μπορέσουν οι χρήστες να δώσουν την προσοχή τους στις πληροφορίες που έχουν σημασία και όχι σε πιθανά έντονα χρώματα ή σχεδιασμό που θα μπορούσε να αποσπάσει την προσοχή τους.



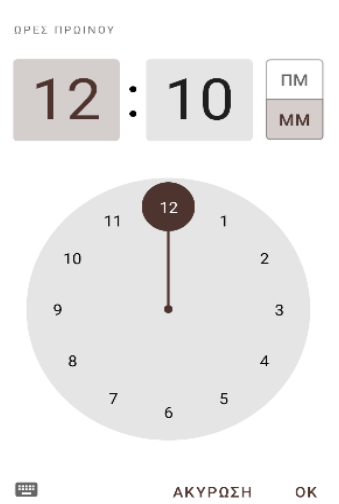
Εικόνα 17: Pie Chart

Μια εξωτερική βιβλιοθήκη-πακέτο που χρησιμοποιήθηκε και βοήθησε στην γραφική στατιστική απεικόνιση των ιχνοστοιχείων των γευμάτων είναι το MPAndroidChart. Η βιβλιοθήκη αυτή παρέχει ποικίλες μεθόδους αναπαράστασης δεδομένων σε στατιστικά σχήματα: από πίτες μέχρι και ιστογράμματα. Για την συγκεκριμένη εφαρμογή χρησιμοποιήθηκε ένα διάγραμμα πίτας (Εικόνα 17) το οποίο είναι εύκολα κατανοητό για τον χρήστη. Όλα τα στοιχεία τα οποία παρέχονται από τον δημιουργό της βιβλιοθήκης είναι μορφοποιήσιμα: από το χρώμα μέχρι και το μέγεθος και τον τρόπο “κοπής” της πίτας.



Εικόνα 18: Παράθυρο Διαλόγου Ημερομηνιών

Για την εισαγωγή ημερομηνιών στην εφαρμογή όπου αυτό είναι αναγκαίο, χρησιμοποιήθηκε το παράθυρο διαλόγου ημερομηνιών (Εικόνα 18). Πιο συγκεκριμένα, μπορούμε να δούμε στην παραπάνω εικόνα στο Διάγραμμα Πίτας ένα ημερολόγιο. Με το κλικ σε αυτό (όπου υπάρχει στην εφαρμογή) ανοίγει το παραπάνω παράθυρο διαλόγου. Στο συγκεκριμένο παράθυρο ο χρήστης μπορεί να επιλέξει το διάστημα ημερομηνίας που επιθυμεί (ακόμα και αν το διάστημα αφορά μόνο μία μέρα), για την προβολή διάφορων στοιχείων και λειτουργιών που θα αναλυθούν σε επόμενο κεφάλαιο. Το συγκεκριμένο παράθυρο διαλόγου είναι απόλυτα εξατομικευμένο από τον κύκλο επιλογής ημερομηνίας μέχρι και τη γραμματοσειρά που χρησιμοποιείται σε αυτό.



Εικόνα 19: Παράθυρο Διαλόγου Ωρας

Τέλος, για την εισαγωγή της επιθυμητής ώρας έγινε χρήση του παραθύρου διαλόγου εισαγωγής ώρας (Εικόνα 19). Το συγκεκριμένο παράθυρο υποστηρίζει και χειροκίνητη εισαγωγή της ώρας αλλά και την εισαγωγή αυτής μέσω του ρολογιού που βρίσκεται ακριβώς κάτω από το πεδίο εισαγωγής αυτής. Δίπλα από τα πεδία ώρας βρίσκεται και η ένδειξη ΠΜ, ΜΜ για να γνωρίζει ο εκάστοτε χρήστης για την ώρα την οποία εισάγει. Όπως και στα προηγούμενα παράθυρα διαλόγου, υποστηρίζεται πλήρης εξατομικευση σε σημείο που μπορεί να εξαφανιστεί ακόμα και το ρολόι εισαγωγής ώρας.

Ολοκληρώνοντας την παρουσίαση των δομικών στοιχείων της εφαρμογής αξίζει να τονιστεί πως οι εικόνες αποτελούν ενδεικτικό δείγμα των στοιχείων αυτών στην εφαρμογή. Η μορφή των συγκεκριμένων στοιχείων ενδέχεται να υποστεί αλλαγές και μορφοποιήσεις, κυρίως στιλιστικές όπως χρώματα και αλλαγή σχημάτων.

3.5. Συμπεράσματα και Μέλλον Κινητών Διεπαφών

Σε αυτό το κεφάλαιο πραγματοποιήθηκε διεξοδική ανάλυση των κινητών διεπαφών. Γιατί επιλέχθηκαν για την συγκεκριμένη υλοποίηση, μια γενική ιστορική αναδρομή, τις διαθέσιμες τεχνικές, σχεδιαστικές αρχές και υλοποιήσεις που είναι διαθέσιμες καθώς και μια παρουσίαση των κατηγοριών των στοιχείων που απαρτίζουν την εφαρμογή-μηχανισμό που παρουσιάζεται στην πτυχιακή.

Για την συγκεκριμένη υλοποίηση εφαρμόστηκαν όλες οι σύγχρονες τεχνικές και υλοποιήσεις που είναι διαθέσιμες. Όπως προαναφέρθηκε, το Material Design αποτελεί μια συνεχώς ενημερωμένη βιβλιοθήκη και παγιώνεται ως μία από τις προτεινόμενες για την ανάπτυξη εφαρμογών σε Android και iOS.

Είτε στο κοντινό ή στο μακρινό μέλλον βέβαια αναμένονται ραγδαίες εξελίξεις στον τομέα των διεπαφών γενικότερα- που συνεπάγεται με δεδομένες καινοτομίες και στον τομέα των κινητών διεπαφών.

Πιο συγκεκριμένα, τα μεγαλύτερα σε μέγεθος και πιο ευκρινή στοιχεία θα αποτελέσουν στυλοβάτη των εφαρμογών. Η αύξηση του μεγέθους και της ανάλυσης των οθονών στα έξυπνα κινητά έχει οδηγήσει τους χρήστες σε αλλαγή των προτιμήσεών τους, με τα ίδια τα στοιχεία να αυξάνουν την αναγνωσιμότητα, προσθέτοντας παράλληλα μια καινούργια αισθητική προσέγγιση σε αυτή την υλοποίηση: μία προσέγγιση που συμπλέκει τους χρήστες με το περιεχόμενο της εφαρμογής αντί να τους αποσπά την προσοχή. Επιπρόσθετα, αξίζει να αναφερθεί πως η ανάπτυξη των κωδικοποιητών βίντεο σε συνδυασμό με την ανέλιξη της εικονικής πραγματικότητας ενδέχεται να οδηγήσει στην αντικατάσταση των στατικών εικόνων με βίντεο: ακόμα και σε στοιχεία όπως τον πλοηγό που παρουσιάστηκε προηγουμένως.

Ακόμη μια σημαντική προσθήκη στην φαρέτρα των νέων αλλαγών θα αποτελέσει η Διεπαφή Χρηστών με Φωνή (Voice User Interface ή VUI). Ήδη ακόμα και στην παρούσα εφαρμογή υποστηρίζεται ο φωνητικός βοηθός του λογισμικού Android, οπού “αφηγείται” το κάθε σημείο της εφαρμογής στον χρήστη με σκοπό να βοηθήσει άτομα με προβλήματα όρασης. Στο μέλλον βέβαια αυτή η προσπάθεια θα γιγαντωθεί με τις περισσότερες εφαρμογές να υποστηρίζουν ακόμα και τον έλεγχο τους μέσω της φωνής. Άτομα χωρίς να έχουν τις απαραίτητες γνώσεις στον τομέα της τεχνολογίας θα μπορέσουν να πλοηγούνται στις εφαρμογές, στο κινητό και ακόμα και στο ίδιο το διαδίκτυο χρησιμοποιώντας την φωνή τους: πράγμα που σήμερα φαντάζει σενάριο επιστημονικής φαντασίας.

Ένας επιπλέον αξιόλογος παράγοντας που αξίζει να υπογραμμιστεί είναι η πρωτοφανής άνοδος του τρισδιάστατου σχεδιασμού. Οι διεπαφές θα αποτελούνται από τρισδιάστατα και ζωντανά στοιχεία αντί για στατικά και δισδιάστατα. Οι εικόνες, τα βίντεο και γενικότερα κάθε πολυμέσο θα αντικατασταθεί από στοιχεία

εικονικής και επαυξημένης πραγματικότητας. Ήδη μερικές εφαρμογές (Εικόνα 20) όπως παιχνίδια υποστηρίζουν την χρήση κάμερας σε συνδυασμό με επαυξημένη πραγματικότητα για να δημιουργήσουν μια εμβυθιστική εμπειρία στους χρήστες. Στο μέλλον αυτό θα συμβαίνει στις περισσότερες εφαρμογές: πράγμα που μόνο σημαίνει ότι ενδέχεται να καρποφορήσουν νέες καινοτόμες ιδέες που θα αξιοποιήσουν αυτήν την τεχνολογία.



Εικόνα 20: Εφαρμογή Επαυξημένης Πραγματικότητας με Έπιπλα στον Χώρο

Τέλος, μία από τις σημαντικές επερχόμενες εξελίξεις είναι η κυριαρχία των τεχνικών αναγνώρισης χειρονομιών. Η αυστηρή μετάφραση του όρου *gesture* ως χειρονομίες ενδεχομένως να υποκρύπτει το ευρύ φάσμα αλλαγών που θα επιφέρει αυτή η τεχνολογία, καθώς ως χειρονομίες χαρακτηρίζονται με την αγγλική ορολογία όλες οι ανθρώπινες κινήσεις: από μια κίνηση του ματιού μέχρι και η κίνηση του δαχτύλου για να πιάσει την οθόνη. Συνεπώς είναι συνετό να αντιληφθούμε την σημασία της συγκεκριμένης απερχόμενης τεχνολογίας που μπορεί να φέρει και μια εποχή χωρίς οθόνες, στην οποία θα κυριαρχούν οι κινήσεις του χρήστη. Για παράδειγμα, η συσκευή θα μπορεί να ανιχνεύει την κίνηση των ματιών του και να επιτελεί διαφορετικές λειτουργίες μέσω αυτής. Ήδη υπάρχουν μερικές βασικές υλοποιήσεις σε αυτόν τον τομέα, μέσω συσκευών ανίχνευσης κίνησης του ματιού, κυρίως διαθέσιμες σε ηλεκτρονικούς υπολογιστές όπως το Tobii Eye Tracker (Εικόνα 21): πράγμα που σημαίνει ότι τα αρχικά βήματα προς σε αυτήν την κατεύθυνση έχουν ήδη πραγματοποιηθεί. Επομένως και στις κινητές διεπαφές αναπόφευκτα αναμένονται ανάλογες εξελίξεις, είτε στο κοντινό είτε στο μακρινό μέλλον.



Εικόνα 21: Tobii Eye Tracker

Αδιαμφισβήτητα, όλες οι προαναφερόμενες αλλαγές θα αλλάξουν τον τρόπο που λειτουργούν οι κινητές εφαρμογές. Οι καινοτομίες αυτές στοχεύουν στο να επαναστατήσουν στον τομέα των διεπαφών τόσο σε επίπεδο κινητών διεπαφών και μη, και αναμένεται να παρατηρηθούν ραγδαίες αλλαγές στα επόμενα χρόνια.

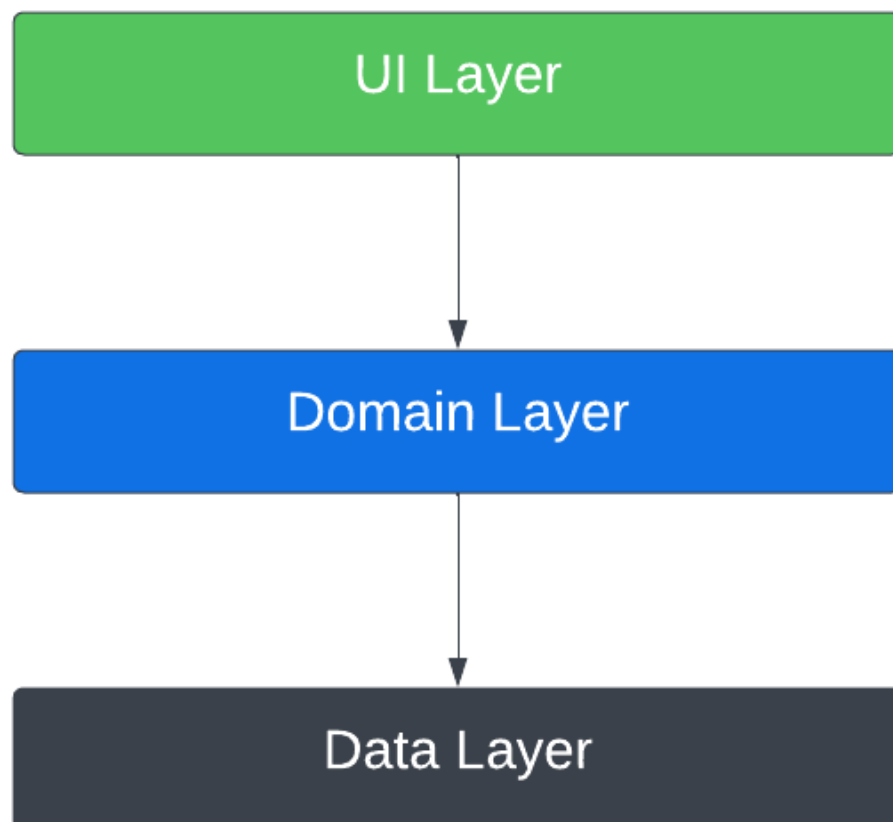
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 Μηχανισμός Συλλογής Δεδομένων και Διατροφικού Χρονοπρογραμματισμού

4.1 Μηχανισμός Συλλογής Δεδομένων

4.1.1 Αφηρημένη Επισκόπηση της Αρχιτεκτονικής της Εφαρμογής

Στην ανάπτυξη μιας εφαρμογής Android είναι σημαντικό να ακολουθούμε συγκεκριμένες αρχές ή κανόνες, για τον εύκολο προγραμματισμό της υλοποίησής της. Μια από αυτές τις αρχές είναι να χωρίσουμε την εφαρμογή σε ανεξάρτητα επίπεδα, τα οποία αλληλεπιδρούν μεταξύ τους ακολουθώντας μια αμφίδρομη φορά πληροφορίας.

Στην εφαρμογή διατροφικής παρακολούθησης ακολουθούμε μια μορφή MVVM (Model-View-ViewModel) αρχιτεκτονικής (Εικόνα 22) για την διάσπαση της λειτουργικότητας σε επίπεδα. Γενικά, κάθε εφαρμογή θα πρέπει να απαρτίζεται από δύο στρώματα. Ειδικότερα, το στρώμα παρουσίασης (UI Layer) και το στρώμα δεδομένων (Data Layer). Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζεται αυτή η αρχιτεκτονική.



Εικόνα 22: Αρχιτεκτονική MVVM

Σκοπός του επιπέδου παρουσίασης ή αλλιώς διεπαφής είναι η προβολή των δεδομένων στην οθόνη του χρήστη. Επιπλέον, όποτε τα δεδομένα μεταβληθούν, λόγω αλληλεπίδρασης του χρήστη με την εφαρμογή (πατώντας ένα κουμπί) ή κάποιας εξωτερικής παρεμβολής (απάντηση ενός αιτήματος στο δίκτυο), η διεπαφή είναι υποχρεωμένη να ανταποκριθεί στις τελευταίες ενημερώσεις.

Το στρώμα διεπαφής συγκροτείται από δύο στοιχεία:

1. Στοιχεία διεπαφής όπου αναπαριστούν τα δεδομένα στην οθόνη.
2. Διατηρητές καταστάσεων (state holders) όπου έχουν την ιδιότητα εξασφάλισης της άρτιας κατάστασης των δεδομένων που διατηρούν, όπως είναι η κλάση ViewModel στο Android.

Το επίπεδο δεδομένων της εφαρμογής περιέχει την επιχειρησιακή λογική (business logic). Η επιχειρησιακή λογική είναι η “καρδιά” της εφαρμογής, περιέχοντας κανόνες που καθορίζουν πως θα δημιουργηθούν, αποθηκευτούν και μετασχηματιστούν τα δεδομένα. Επιπλέον, το στρώμα αυτό αποτελείται από ένα ή περισσότερα αποθετήρια (repositories), όπου και αυτά με τη σειρά τους αποτελούνται από μηδέν ή πολλαπλές πηγές δεδομένων.

Τα αποθετήρια είναι υπεύθυνα για τις ακόλουθες εργασίες:

- a. Έκθεση δεδομένων στην υπόλοιπη εφαρμογή.
- b. Κεντριοποίηση των αλλαγών στα δεδομένα.
- c. Επίλυση συγκρούσεων μεταξύ πολλαπλών πηγών δεδομένων.
- d. Αφαίρεση των πηγών δεδομένων από την υπόλοιπη εφαρμογή.
- e. Περιέχει επιχειρησιακή λογική.

Κάθε κλάση πηγής δεδομένων θα πρέπει να έχει την ευθύνη της εργασίας με μία μόνο πηγή δεδομένων, η οποία μπορεί να είναι ένα αρχείο, μια πηγή δικτύου ή μια τοπική βάση δεδομένων. Οι κλάσεις πηγής δεδομένων αποτελούν τη γέφυρα μεταξύ της εφαρμογής και του συστήματος για τις λειτουργίες δεδομένων.

Το στρώμα πεδίου είναι ένα προαιρετικό επίπεδο, όπου βρίσκεται μεταξύ των δύο επιπέδων που αναλύθηκαν. Είναι υπεύθυνο για την ενθυλάκωση σύνθετης επιχειρηματικής λογικής ή απλής επιχειρηματικής λογικής που επαναχρησιμοποιείται από πολλαπλά ViewModels. Αυτό το στρώμα είναι προαιρετικό επειδή δεν έχουν όλες οι εφαρμογές αυτές τις απαιτήσεις.

4.1.2 Επίπεδο Δεδομένων της Εφαρμογής

Όπως αναφέραμε το επίπεδο δεδομένων περιέχει αποθετήρια αλλά και πηγές δεδομένων. Στην εφαρμογή διατροφικής παρακολούθησης το επίπεδο αυτό περιέχει το αποθετήριο FoodRepository και μια μόνο πηγή δεδομένων NutritionDatabase, όπου είναι η τοπική βάση δεδομένων στο κινητό του χρήστη.

Η εφαρμογή υλοποιήθηκε με το σκεπτικό της εξασφάλισης της ακεραιότητας των δεδομένων και της ιδιωτικότητας των χρηστών. Δηλαδή, προσαρμόσαμε στην MVVM αρχιτεκτονική την έννοια της ασφάλειας εκ κατασκευής (security by design). Για το λόγο αυτό, προτιμήθηκε η αποθήκευση των δεδομένων στη συσκευή του χρήστη, σε αντίθεση με την αποστολή τους σε έναν απομακρυσμένο υπολογιστή (server).

Υπάρχουν πληθώρα τεχνολογιών συστημάτων διαχείρισης βάσης δεδομένων, για παράδειγμα PostgreSQL, MySQL, Oracle Database που θα μπορούσαν να εκπληρώσουν το ρόλο της αποθήκευσης των δεδομένων του χρήστη, ωστόσο χρησιμοποιήθηκε η SQLite. Η SQLite είναι μια μηχανή βάσης δεδομένων (database engine) υλοποιημένη στην γλώσσα προγραμματισμού C. Αν και δεν χαρακτηρίζεται ως αυτόνομο πρόγραμμα όπως τα προαναφερθέντα συστήματα βάσης δεδομένων, παρέχει μια εύχρηστη ενσωμάτωση σε εφαρμογές έξυπνων κινητών. Κάνοντας την μια ιδανική λύση στο πρόβλημα μας.

Για να εκμεταλλευτούμε περαιτέρω τις ιδιότητες που προσφέρει η SQLite, χρησιμοποιήσαμε το Room. Το Room είναι μια βιβλιοθήκη ORM (Object Relational Mapper) για τη βάση δεδομένων SQLite στο Android. Αποτελεί μέρος των δομοστοιχείων αρχιτεκτονικής που κυκλοφόρησε η Google. Στον πυρήνα του, όλος ο κώδικας που γράφετε σχετικά με το Room θα μετατραπεί τελικά σε κώδικα SQLite. Το Room μάς επιτρέπει να δημιουργούμε και να χειριστούμε βάσεις δεδομένων στο Android πιο γρήγορα. Με άλλα λόγια, μας παρέχει ένα επίπεδο αφαίρεσης πάνω από την ενσωματωμένη βάση δεδομένων SQLite.

Η NutritionDatadatabase είναι ένα απλό αρχείο με κατάληξη “.db”. Για την κατασκευή της NutritionDatadatabase εφαρμόστηκε ο εξής αλγόριθμος:

1. Συλλογή δεδομένων για τρόφιμα μαζί με τα υλικά και θρεπτικά συστατικά τους
2. Προεπεξεργασία των δεδομένων
3. Δημιουργία του αρχείου της βάσης

Η Συλλογή των δεδομένων πραγματοποιήθηκε με τη χρήση ενός ανιχνευτή ιστοσελίδων (web crawler) ανεπτυγμένο στη γλώσσα προγραμματισμού γενικού σκοπού Python. Με το απλό της συντακτικό η Python είναι κατάλληλη για τη συγγραφή scripts με σκοπό τη συλλογή δεδομένων. Οι ιστοσελίδες που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάκτηση των σχετικών πληροφοριών ανήκαν στη κατηγορία της μαγειρικής. Τα παραγόμενα αρχεία που δημιουργεί ο ανιχνευτής ιστού, δηλαδή τα ingredients.txt και nutrients.txt, είναι απλού κειμένου αρχεία με τα περιεχόμενα τους να ακολουθούν μια συγκεκριμένη μορφή. Λογου χάρη, το αρχείο των υλικών για τα τρόφιμα είναι της μορφής:

```
food_name_1  
ingredient_1  
ingredient_2
```

ingredient_3

...

ingredient_N

όπου N το πλήθος των υλικών για το φαγητό food_name_1.

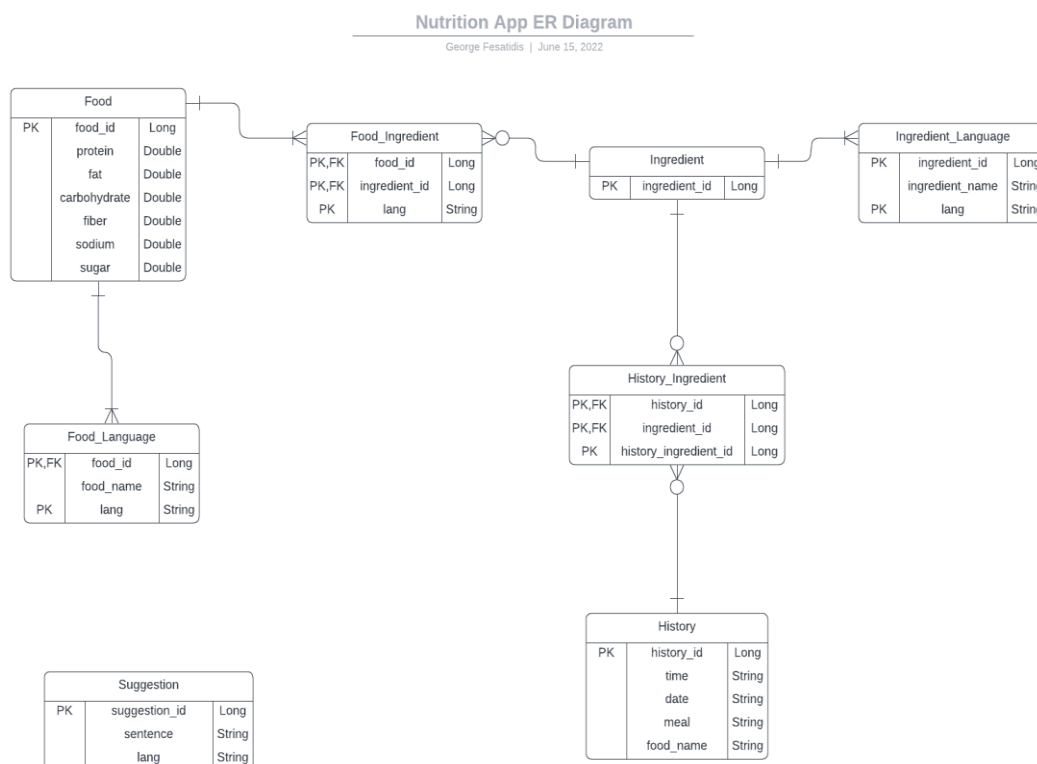
Το αρχείο με τα θρεπτικά συστατικά ακολουθεί παρόμοια δομή, με τη διαφορά ότι δεν έχουμε υλικά μετά το όνομα του φαγητού αλλά αριθμούς κινητής υποδιαστολής που αντιπροσωπεύουν τα συστατικά. Αξίζει να σημειωθεί, πως τα συστατικά που συλλέχθηκαν για κάθε φαγητό είναι τα 6 πιο συχνά που παρατηρούνται, τα οποία είναι η πρωτεΐνη, το λίπος, ο υδατάνθρακας, οι φυτικές ίνες, το νάτριο και η ζάχαρη.

Το επόμενο βήμα αφορά τη προεπεξεργασία των δεδομένων που συλλέχθηκαν. Επειδή χρησιμοποιήθηκαν διάφορες πηγές πληροφορίας, τα δεδομένα πολλές φορές τείνουν να έχουν άσχετες πληροφορίες. Επομένως εφαρμόστηκαν τεχνικές του πεδίου της εξόρυξης δεδομένων, όπως data cleaning και data transformation, για τη συγκέντρωση των τελικών ορθών πληροφοριών.

Στο τελευταίο βήμα δημιουργούμε το αρχείο της βάσης, το οποίο στη συνέχεια θα ενσωματωθεί ως “πακέτο” στο κώδικα υλοποίησης της εφαρμογής. Εκμεταλλευόμαστε το άρθρωμα (module) της κύριας βιβλιοθήκης της Python sqlite3 για να κατασκευάσουμε τους απαραίτητους πίνακες, εισάγουμε τα επεξεργασμένα δεδομένα τροφίμων του σχήματος της τοπικής βάσης. Το συγκεκριμένο σχήμα θα αναλυθεί στη συνέχεια.

4.1.2 Το Σχήμα Βάσης Δεδομένων

Το σχήμα βάσης δεδομένων της εφαρμογής (Εικόνα 23) απαρτίζεται από 8 πίνακες, με τον κάθε πίνακα να έχει μία ή περισσότερες συσχετίσεις με τους υπόλοιπους. Αξίζει να σημειωθεί ότι, η βάση είναι σχεδιασμένη να υποστηρίζει την Ελληνική καθώς και την Αγγλική γλώσσα, όσον αφορά τις ονομασίες των φαγητών αλλά και των υλικών τους. Αυτό πετυχαίνεται με την ενσωμάτωση ειδικών πινάκων, X_Language, όπου X κάποια άλλη οντότητα (πίνακας) του σχήματος, καθώς περιέχουν τις μεταφράσεις των στοιχείων στις γλώσσες που υποστηρίζουμε. Στη παρακάτω εικόνα φαίνεται το σχήμα της βάσης δεδομένων.



Εικόνα 23: Το Σχήμα Βάσης Δεδομένων της Διατροφικής Εφαρμογής

Στην εικόνα παρουσιάζονται οι εξής πίνακες:

- Food
- Food_Ingredient
- Ingredient
- Ingredient_Language
- Food_Language
- History_Ingredient
- History
- Suggestion

Ο πίνακας Food (Εικόνα 24) αντιπροσωπεύει μία οντότητα φαγητού που έχει συλλεχθεί και αποτελείται από 7 πεδία, πιο συγκεκριμένα, τα food_id, protein, fat, carbohydrate, fiber, sodium και sugar. Με το πρώτο χαρακτηριστικό να αντιπροσωπεύει το πρωτεύον κλειδί ως τιμή τύπου Long. Και τα υπόλοιπα πεδία να αφορούν τη συστατική πληροφορία του κάθε φαγητού και να αποθηκεύονται ως τιμές τύπου Double.

Food		
PK	food_id	Long
	protein	Double
	fat	Double
	carbohydrate	Double
	fiber	Double
	sodium	Double
	sugar	Double

Εικόνα 24: Ο Πίνακας Food

Ορίζονται δύο συσχετίσεις με τον πίνακα Food. Η πρώτη αφορά μια ένα-πρός-πολλά συσχέτιση με τον πίνακα Food_Ingredient και η δεύτερη μια επίσης ένα-πρός-πολλά συσχέτιση με τον πίνακα Food_Language.

Ο πίνακας Food_Ingredient (Εικόνα 25) αποτελείται από τρία πεδία και δύο συσχετίσεις με τους πίνακες Food και Ingredient. Δρα ως βοηθητικός πίνακας για την αναπαράσταση της συσχέτισης πολλά-πρός-πολλά και αποθηκεύει δύο ξένα κλειδιά, food_id και ingredient_id, των πινάκων Food και Ingredient αντίστοιχα. Επίσης, το τρίτο χαρακτηριστικό, lang, σε συνδυασμό με τα δύο προαναφερθέντα ξένα κλειδιά, αποτελούν το πρωτεύον κλειδί του πίνακα. Συνεπώς, μπορούμε να απαντήσουμε σε ερωτήματα (queries) της μορφής, “Επέστρεψε ένα φαγητό με όλα τα υλικά του” ή “Επέστρεψε ένα υλικό με όλα τα φαγητά που το περιέχουν”.

Food_Ingredient		
PK,FK	food_id	Long
PK,FK	ingredient_id	Long
PK	lang	String

Εικόνα 25: Ο Πίνακας Food_Ingredient

Ο πίνακας Ingredient (Εικόνα 26) αντιπροσωπεύει μία οντότητα υλικού ενός φαγητού και αποτελείται από ένα μόνο πεδίο τύπου Long, ingredient_id, το οποίο είναι και το πρωτεύον κλειδί του. Ο λόγος για τον οποίο ο πίνακας περιέχει μόνο ένα πεδίο, έχει σχέση με την υποστήριξη της μετάφρασης των δύο γλωσσών. Επιπρόσθετα, συχετίζεται με τρεις πίνακες, δηλαδή τους Food_Ingredient, Ingredient_Language και History_Ingredient, έχοντας μία-πρός-πολλά συσχέτιση και με τους τρεις.

Ingredient		
PK	ingredient_id	Long

Εικόνα 26: Ο Πίνακας Ingredient

Ο πίνακας Food_language (Εικόνα 27) είναι ένα παράδειγμα ειδικού πίνακα, X_language, με την βοήθεια του οποίου αποθηκεύουμε πληροφορίες σχετικά με την ονομασία του κάθε φαγητού στις διάφορες γλώσσες που υποστηρίζει η εφαρμογή. Αυτό επιτυγχάνεται, με την θεώρηση του χαρακτηριστικού food_name ως χαρακτηριστικό πολλαπλής τιμής. Δηλαδή, το συγκεκριμένο πεδίο μπορεί να λάβει ένα προκαθορισμένο πλήθος τιμών, από ένα πεδίο ορισμού. Αποτελείται από 3 πεδία, food_id, food_name, lang, με πρωτεύον κλειδί το σύνθετο κλειδί (composite key) food_id, lang.

Food_Language		
PK,FK	food_id	Long
	food_name	String
PK	lang	String

Εικόνα 27: Ο Πίνακας Food_Language

Την ίδια λογική ακολουθεί ο πίνακας Ingredient_Language (Εικόνα 28), με πεδία τα ingredient_id, ingredient_name και lang.

Ingredient_Language		
PK	ingredient_id	Long
	ingredient_name	String
PK	lang	String

Εικόνα 28: Ο Πίνακας Ingredient_Language

Ο πίνακας History (Εικόνα 29) εκφράζει μια οντότητα ιστορικού του χρήστη, όσον αφορά τις διατροφικές του συνήθειες. Αποθηκεύει, δηλαδή, χαρακτηριστικά όπως είναι η ώρα και ημερομηνία που κατανάλωσε ο χρήστης ένα φαγητό. Καθώς και το όνομα του φαγητού, σε συνδυασμό με το είδος του γεύματος. Ειδικότερα, αυτή η πληροφορία αποθηκεύεται στη στήλη meal, όπου το πεδίο ορισμού της αποτελείται από τις συμβολοσειρές Breakfast, Lunch και Dinner.

History		
PK	history_id	Long
	time	String
	date	String
	meal	String
	food_name	String

Εικόνα 29: Ο Πίνακας History

Ο πίνακας History_Ingredient (Εικόνα 30) χρησιμοποιείται ως βοηθητικός πίνακας όπως ο Food_Ingredient. Δηλαδή, για την εύκολη υλοποίηση της συσχέτισης πολλά-πρός-πολλά. Επιπλέον, αποτελείται από 3 πεδία τα history_id, ingredient_id και history_ingredient_id. Με το τελευταίο χαρακτηριστικό να είναι το πρωτεύον κλειδί.

History_Ingredient		
PK,FK	history_id	Long
PK,FK	ingredient_id	Long
PK	history_ingredient_id	Long

Εικόνα 30: Ο Πίνακας History_Ingredient

Τέλος, ο πίνακας Suggestion (Εικόνα 31) αποθηκεύει πληροφορία που αφορά συνιστώμενες προτάσεις, που δίνονται στο χρήστη, με βάση τα συστατικά στοιχεία των τροφίμων που έχει καταναλώσει. Λόγου χάρη, μια πρόταση θα μπορούσε να έχει τη μορφή “Μη φας τροφή που περιέχει πολύ ζάχαρη”.

Suggestion		
PK	suggestion_id	Long
	sentence	String
	lang	String

Εικόνα 31: Ο Πίνακας Suggestion

4.2 Διατροφικός Χρονοπρογραμματισμός

4.2.1 Ανάλυση Θρεπτικών Συστατικών για Ηλικιωμένους

Καθώς η εφαρμογή διατροφικής παρακολούθησης στοχεύει σε υπερήλικες ομάδες ατόμων, επόμενο είναι οι διατροφικές προτάσεις να έχουν προσαρμοστεί κατάλληλα για την καλύτερη εμπειρία με την εφαρμογή. Οι διατροφικές ανάγκες και απαιτήσεις των ηλικιωμένων διαφέρουν από τις ανάγκες των άλλων ηλικιακών ομάδων. Τα άτομα άνω των 60 ετών διατρέχουν μεγαλύτερο κίνδυνο να υποσιτίζονται, σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (ΠΟΥ). Ο υποσιτισμός συνήθως συμβαίνει επειδή οι ηλικιωμένοι δεν έχουν τα χρήματα για να αγοράσουν ορισμένα τρόφιμα, έχουν ασθένειες ή άλλες παθήσεις ή δεν ακολουθούν σωστή διατροφή. Καθώς οι άνθρωποι γερνούν, η ανάγκη για ορισμένα θρεπτικά συστατικά αυξάνεται, ενώ η ανάγκη για άλλα μειώνεται.

Οι ηλικιωμένοι συνιστάται να λαμβάνουν το 45% έως 65% των ημερήσιων θερμίδων τους, ή περίπου 130 γραμμάρια εάν καταναλώνουν περίπου 2.000 θερμίδες την ημέρα, από υδατάνθρακες, σύμφωνα με το Εθνικό Ινστιτούτο Γήρανσης ή διαφορετικά National Institute of Aging (NIA).

Με βάση το Υπουργείο Γεωργίας των ΗΠΑ (USDA), οι ηλικιωμένοι χρειάζονται τους ακόλουθους υδατάνθρακες (Πίνακας 1):

Συνολικές θερμίδες ανά ημέρα	Υδατάνθρακες
1,600 έως 1,800	260g έως 293g
1,900 έως 2,100	309g έως 341g
2,200 έως 2,400	358g έως 390g

Πίνακας 1: Ημερήσια Κατανάλωση Υδατάνθρακα

Όσον αφορά στην πρωτεΐνη, οι ηλικιωμένοι χρειάζονται περίπου την ίδια ποσότητα με εκείνη που χρειάζονταν στα νεότερα χρόνια τους, σύμφωνα με το USDA. Η κατανάλωση αρκετής ποσότητας αυτού του θρεπτικού συστατικού μπορεί να βοηθήσει στην πρόληψη της απώλειας μυών που μπορεί να συμβεί φυσιολογικά με τη γήρανση, μια κατάσταση γνωστή ως σαρκοπενία.

Οι κατευθυντήριες γραμμές του USDA δείχνουν ότι οι ενήλικες ηλικίας 71 ετών και άνω τείνουν να τρώνε λιγότερη πρωτεΐνη σε σύγκριση με τους ενήλικες ηλικίας 60 έως 70 ετών. Σε αυτή την ομάδα, το 50% των ατόμων που εκχωρήθηκε άνδρας κατά τη γέννησή του (assigned male at birth ή AFAB) και το 30% των ατόμων που εκχωρήθηκε γυναίκα κατά τη γέννηση (assigned female at birth ή AMAB) υπολείπονται των πρωτεϊνικών συστάσεων.

Οι ηλικιωμένοι πρέπει να επιδιώκουν να καταναλώνουν 0,8 γραμμάρια πρωτεΐνης για κάθε κιλό του σωματικού τους βάρους, το οποίο αντιστοιχεί σε περίπου 10 έως 35 τοις εκατό των ημερήσιων θερμίδων τους, σύμφωνα με το USDA.

Τα λίπη πρέπει να αποτελούν το 20% έως 35% των θερμίδων στη διατροφή ενός ηλικιωμένου ατόμου, με λιγότερο από το 10% να προέρχεται από κορεσμένα λίπη (τα οποία βρίσκονται σε τρόφιμα όπως το κρέας και τα γαλακτοκομικά προϊόντα).

Το USDA συνιστά στους ηλικιωμένους να επιλέγουν πολυακόρεστα και μονοακόρεστα λιπαρά από προϊόντα όπως το ελαιόλαδο (και άλλα φυτικά έλαια),

ξηρούς καρπούς (και βούτυρα ξηρών καρπών), σολομό (και άλλα λιπαρά ψάρια) και αβοκάντο.

Με βάση το Υπουργείο Γεωργίας των ΗΠΑ (USDA), οι ηλικιωμένοι χρειάζονται την ακόλουθη κατανάλωση λίπους (Πίνακας 2):

Συνολικές θερμίδες ανά ημέρα	Λίπος
1,600 έως 1,800	260g έως 293g
1,900 έως 2,100	309g έως 341g
2,200 έως 2,400	358g έως 390g

Πίνακας 2: Ημερήσια Κατανάλωση Λίπους

Όσον αφορά το νάτριο, οι πληροφορίες που παρέχει η Canada Statistics σε συνεργασία με το Ινστιτούτο Ιατρικής (IOM) συνιστά τις ακόλουθες "επαρκείς προσλήψεις" ή ΑΠ ανά ημέρα:

- 1.300 mg για ενήλικες ηλικίας 51 έως 70 ετών
- 1.200 mg για ηλικιωμένους άνω των 70 ετών

Η ζάχαρη είναι ένας τύπος υδατάνθρακα. Όπως και οι άλλοι υδατάνθρακες, η ζάχαρη αποτελεί πηγή ενέργειας για το σώμα. Επίσης, μπορεί να υπάρξει φυσικά στα τρόφιμα ή να προστίθεται σε τρόφιμα και ποτά. Η υπερβολική κατανάλωση προστιθέμενης ζάχαρης μπορεί να συμβάλει σε παχυσαρκία, καρδιακές παθήσεις, τερηδόνα, λιπώδης νόσο του ήπατος και άλλες πολλές επιβλαβείς παθήσεις. Λόγω των κινδύνων για την υγεία που σχετίζονται με την πρόσθετη ζάχαρη, συνιστάται από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (ΠΟΥ) η εξής κατανάλωση:

- Οι ενήλικες και τα παιδιά θα πρέπει να μειώσουν την πρόσληψη ζάχαρης σε λιγότερο από το 10% της συνολικής ημερήσιας ενεργειακής τους πρόσληψης. Κατά μέσο όρο, αυτό αντιστοιχεί σε περίπου 12 κουταλάκια του γλυκού (50 γραμμάρια) ζάχαρης την ημέρα για έναν ενήλικα. Αυτό περιλαμβάνει όλα τα πρόσθετα σάκχαρα, καθώς και τα φυσικά σάκχαρα που περιέχονται στο μέλι, τους χυμούς φρούτων, τα σιρόπια και τα συμπυκνώματα χυμών φρούτων.

4.2.2 Συνιστώμενες Διατροφικές Προτάσεις

Με βάση τις οδηγίες που προτείνουν οι οργανισμοί που αναφέρθηκαν παραπάνω, δημιουργήθηκαν ορισμένες συνιστώμενες διατροφικές προτάσεις, τις οποίες μπορούν να ακολουθήσουν οι ηλικιωμένοι για να βελτιώσουν την διατροφή και υγεία τους.

Οι προτάσεις χωρίζονται σε κατανάλωση θρεπτικών συστατικών ημερησίως και εβδομαδιαίως, με εξαίρεση τις φυτικές ίνες και το νάτριο όπου παρέχονται ημερησίως.

Ο έλεγχος ενός κανόνα ξεκινά πρώτα με τον υπολογισμό μίας τιμής ελέγχου, την οποία συγκρίνουμε με μία τιμή κατωφλίου (threshold) του συγκεκριμένου κανόνα. Οι τιμές κατωφλίου εξήχθησαν με βάση τα ελάχιστα και μέγιστα όρια τιμών, για κάθε θρεπτικό συστατικό, που προτείνουν οι οργανισμοί. Οπότε, αρχικά

υπολογίζεται το άθροισμα των θερμίδων, για παράδειγμα, που καταναλώνει ο ηλικιωμένος ημερησίως. Στην συνέχεια, το αποτέλεσμα της πρόσθεσης διαιρείται με κάθε ημερήσιο θρεπτικό συστατικό που περιείχε το φαγητό του. Τέλος, καταλήγουμε στις τελικές ημερήσιες προτάσεις, οι οποίες με την σειρά τους χωρίζονται σε ελάχιστη και μέγιστη ποσότητα κατανάλωσης συστατικού αντίστοιχα. Παραδείγματα τέτοιων κανόνων παρουσιάζονται στις παρακάτω εικόνες (32-33).

```
val proteinMaxRuleDay = rule( description: "Check Maximum Percentage of Protein") { this: RuleExpression
  given { this: GivenExpression
    anyDouble()
  } and { it: Double
    it > 0.35
  } thenReturn { it: Double
    "You should consume less protein today."
  } otherwiseReturn { it: Double
    ""
  }
}
```

Εικόνα 32: Κανόνας Μέγιστης Κατανάλωσης Πρωτεΐνης

```
val carbsMaxRuleDay = rule( description: "Check Maximum Percentage of Carbs") { this: RuleExpression
  given { this: GivenExpression
    anyDouble()
  } and { it: Double
    it > 0.65
  } thenReturn { it: Double
    "You should consume less carbs today."
  } otherwiseReturn { it: Double
    ""
  }
}
```

Εικόνα 33: Κανόνας Μέγιστης Κατανάλωσης Υδατάνθρακα

Στις εικόνες φαίνεται μια περιγραφή του κάθε κανόνα, μαζί με τον τύπο δεδομένων που δέχονται σαν είσοδο, για τον έλεγχο του κατωφλίου, καθώς και μια συμβολοσειρά, όπου είναι ο κανόνας που επιστρέφεται.

Με την ίδια λογική υπάρχουν κανόνες για το ελάχιστο όριο κατανάλωσης και φαίνεται στην επόμενη εικόνα (34). Όπου παροτρύνουμε το άτομο να καταναλώσει παραπάνω λίπος.

```

val fatMinRuleDay = rule( description: "Check Minimum Percentage of Fat") { this: RuleExpression
  given { this: GivenExpression
    anyDouble()
  } and { it: Double
    it < 0.2
  } thenReturn { it: Double
    "You should consume more fat today."
  } otherwiseReturn { it: Double
    ""
  }
}

```

Εικόνα 34: Κανόνας Ελάχιστης Κατανάλωσης Λιπών

Τέλος, παρέχονται στον χρήστη τρεις κανόνες μελλοντικής προειδοποίησης για την κατανάλωση τροφίμων. Δηλαδή, κανόνες για την αποφυγή τροφίμων, την επόμενη εβδομάδα, με συγκεκριμένα συστατικά (Εικόνα 35). Για παράδειγμα, ένας κανόνας θα συνιστούσε την αποφυγή γλυκών λόγω υπερβολικής κατανάλωσης ζάχαρης.

```

val futureSugarRule = rule( description: "Check Percentage of Sugar for next week") { this: RuleExpression
  given { this: GivenExpression
    anyDouble()
  } and { it: Double
    it > 0.20
  } thenReturn { it: Double
    "You should consume less sugar next week."
  } otherwiseReturn { it: Double
    ""
  }
}

```

Εικόνα 35: Κανόνας Μελλοντικής Κατανάλωσης Ζάχαρης

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 Μηχανισμός Εξαγωγής Συστάσεων

5.1 Εισαγωγή

Σε αρκετά υπολογιστικά συστήματα και στην καθημερινότητα κρίνεται αναγκαία η εξαγωγή αποφάσεων εξαρτώμενα από ορισμένες παραμέτρους. Από τις πιο απλές αποφάσεις που μπορεί ένα άτομο να πάρει χωρίς την βοήθεια της τεχνολογίας μέχρι και πιο σύνθετες που κρίνουν την συμβολή ενός συστήματος αναγκαία. Για την κάλυψη της ανάγκης αυτής εφευρέθηκαν διάφοροι μηχανισμοί που αποτελούνται κυρίως από τα συστήματα κανόνων (rule-based). Μέσω αυτών αλλά και με την συμβολή των έμπειρων συστημάτων (expert-systems) δημιουργήθηκε ένας πολυσύνθετος μηχανισμός-βάση για τα συστήματα αποφάσεων. Για μεγαλύτερη βιβλιογραφική ακρίβεια θα αναφερόμαστε τους αγγλικούς όρους.

Στην επιστήμη των υπολογιστών, ένα σύστημα που βασίζεται σε κανόνες χρησιμοποιείται για την αποθήκευση και τον χειρισμό της γνώσης για την ερμηνεία των πληροφοριών με χρήσιμο τρόπο. Χρησιμοποιείται συχνά σε εφαρμογές και έρευνα τεχνητής νοημοσύνης. Κανονικά, ο παραπάνω όρος εφαρμόζεται σε συστήματα που περιλαμβάνουν σύνολα κανόνων κατασκευασμένα από άνθρωπο. Τα συστήματα που βασίζονται σε κανόνες που κατασκευάζονται με χρήση αυτόματων συμπερασμάτων κανόνων, όπως η μηχανική εκμάθηση βάσει κανόνων, συνήθως εξαιρούνται από αυτόν τον τύπο συστήματος.

Αναλύοντας τον ορισμό του έμπειρου συστήματος, στην τεχνητή νοημοσύνη ορίζεται ως ένα σύστημα υπολογιστή που μιμείται την ικανότητα λήψης αποφάσεων ενός ειδικού ατόμου, κυρίως αναφερόμενοι σε κάποιο επάγγελμα. Τα έμπειρα συστήματα έχουν σχεδιαστεί για να επιλύουν πολύπλοκα προβλήματα με αυτόματο συλλογισμό (automated reasoning) μέσω γνώσεων, που αντιπροσωπεύονται κυρίως σαν κανόνες if-else. Τα έμπειρα συστήματα ήταν από τις πρώτες πραγματικά επιτυχημένες μορφές λογισμικού τεχνητής νοημοσύνης (Artificial Intelligence - AI). Ένα έμπειρο σύστημα χωρίζεται σε δύο υποσυστήματα: τη μηχανή συμπερασμάτων και τη βάση γνώσεων. Η βάση γνώσεων αντιπροσωπεύει γεγονότα και κανόνες. Η μηχανή συμπερασμάτων εφαρμόζει τους κανόνες στα γνωστά γεγονότα για να συναγάγει νέα γεγονότα. Οι μηχανές συμπερασμάτων μπορούν επίσης να περιλαμβάνουν ικανότητες επεξήγησης και εντοπισμού σφαλμάτων.

Από τους παραπάνω ορισμούς κάποιος θα μπορούσε να καταλάβει εύκολα πως οι δύο τομείς ταυτίζονται. Για την ακρίβεια, αν ένα έμπειρο σύστημα χρησιμοποιηθεί για την εξαγωγή αποφάσεων μέσω κανόνων υπάγεται στα συστήματα κανόνων- όντας μια υποκατηγορία τους. Παρακάτω θα αναλυθούν πιο αναλυτικά οι δύο όροι, καθώς και η αλληλεπίδραση μεταξύ τους.

5.2 Συστήματα Κανόνων (Rule Based Systems)

5.2.1 Χαρακτηριστικά και Λειτουργία

Όπως αναλύθηκε στην εισαγωγή ένα σύστημα κανόνων είναι ένα σύστημα το οποίο εφαρμόζει ανθρώπινα ορισμένους κανόνες σε δεδομένα. Σε αυτό το κεφάλαιο

θα γίνει εκτενής ανάλυση των χαρακτηριστικών και της λειτουργίας ενός τέτοιου συστήματος (Εικόνα 36).

Αρχικά θα γίνει επισήμανση των χαρακτηριστικών αυτών των συστημάτων:

- Οι κανόνες δημιουργούνται από γνώστες του συγκεκριμένου αντικειμένου-τομέα
- Αντιπροσωπεύουν την γνώση με ένα δηλωτικό τρόπο (declarative))
- Καθιστούν δυνατή τη χρήση διαφόρων παραδειγμάτων-μεθόδων αναπαραστάσεων γνώσης. Αυτές οι μέθοδοι χωρίζονται σε τέσσερις μεγάλες κατηγορίες: την λογική αναπαράσταση, το δίκτυο σημασιολογίας, την αναπαράσταση πλαισίου και τους κανόνες παραγωγής. Η πρώτη κατηγορία δίνει την δυνατότητα στους σχεδιαστές να υπογραμμίσουν τους σημαντικούς κανόνες και ταυτόχρονα να λάβουν και να δώσουν πληροφορίες με ελάχιστες πιθανότητες λάθους. Η δεύτερη κατηγορία από την μία είναι πιο ακριβή σε υπολογιστικούς πόρους από την πρώτη, ωστόσο είναι εύκολη στην υλοποίηση, δίνει την δυνατότητα κατηγοριοποίησης αντικειμένων σε διάφορες μορφές αλλά και την σύνδεση μεταξύ τους. Όσον αφορά στην τρίτη κατηγορία, ένα πλαίσιο είναι μια συλλογή από χαρακτηριστικά και των συσχετισμένων τιμών μεταξύ τους, περιγράφοντας μια οντότητα στην πραγματική ζωή. Είναι μια δομή δεδομένων με σχισμές και τιμές. Η κάθε σχισμή έχει κάποιο όνομα και τιμή και μπορεί να διαφέρει σε μέγεθος και σε τύπο δεδομένων. Τέλος ενώ η τελευταία κατηγορία είναι η πιο ακριβή σε υπολογιστική ισχύ, προσφέρει λόγω της ύπαρξης των κανόνων υψηλή δυνατότητα επεκτασιμότητας, με την πιθανή προσθήκη κάποιων επιπλέον κανόνων.
- Υποστηρίζουν την εφαρμογή μη ντετερμινιστικών στρατηγικών αναζήτησης και ελέγχου
- Είναι ισχυρά και έχουν την ικανότητα να λειτουργούν χρησιμοποιώντας αβέβαιη ή ελλιπή γνώση. Πιο συγκεκριμένα, ακόμα και αν υπάρχει έλλειψη γνώσης για παράδειγμα για τις διατροφικές επιλογές του χρήστη στο μέλλον, ένα σύστημα κανόνων θα μπορέσει να λειτουργήσει και να εξάγει αποφάσεις σύμφωνα με τους κανόνες που το απαρτίζουν και όχι σύμφωνα με την ύπαρξη γνώσης.
- Μπορούν να βοηθήσουν στη λήψη αποφάσεων που βασίζονται σε κανόνες.

Αναφέραμε μερικά από τα χαρακτηριστικά ενός συστήματος κανόνων. Εξίσου σημαντικό είναι να υπογραμμίσουμε και τον τρόπο λειτουργίας ενός τέτοιου συστήματος. Τα συστήματα που βασίζονται σε κανόνες λειτουργούν βασισμένα σε κανόνες. Αυτοί οι κανόνες σκιαγραφούν τα ερεθίσματα και τις ενέργειες που πρέπει να ακολουθήσουν (ή να ενεργοποιηθούν). Για παράδειγμα ένα κριτήριο ενεργοποίησης μπορεί να είναι η ύπαρξη της τιμής μέσα σε ένα συγκεκριμένο όριο (threshold). Αν γίνει αυτό, τότε το σύστημα θα ενεργοποιήσει μια λειτουργία στην εκάστοτε εφαρμογή. Αυτοί οι κανόνες έχουν τις περισσότερες φορές τη μορφή δηλώσεων IF. Το "IF" περιγράφει το έναυσμα, το "THEN" καθορίζει την ενέργεια που πρέπει να ολοκληρωθεί. Έτσι συνεπώς είναι εύκολο να κατανοήσουμε πως για την ανάγκη ύπαρξης 100 διαφορετικών ενεργειών είναι αναγκαίο να γραφτούν και 100 διαφορετικοί κανόνες. Για την ενημέρωση του συστήματος με νέες ενέργειες πρέπει να γραφτούν και νέοι κανόνες. Όλη η διαδικασία καθιστά το σύστημα εύκολα

επεκτάσιμο καθώς μπορεί να λειτουργήσει αρχικά με ένα συγκεκριμένο σετ κανόνων, αλλά και να ενημερωθεί αργότερα με μία πιθανή επέκταση.

5.2.2 Συστατικά Μέρη

Όπως κάθε σύστημα έτσι και ένα σύστημα κανόνων αποτελείται από συγκεκριμένα δομικά συστατικά μέρη. Ένα τυπικό σύστημα κανόνων συγκεκριμένα αποτελείται από επτά βασικά μέρη:

- **Βάση Γνώσεων:** Κατέχει τη γνώση που είναι απαραίτητη για την επίλυση προβλημάτων. Σε ένα σύστημα που βασίζεται σε κανόνες, η γνώση αναπαρίσταται ως ένα σύνολο κανόνων. Κάθε κανόνας καθορίζει μια σχέση, σύσταση, οδηγία ή στρατηγική και έχει τη δομή IF (συνθήκη) THEN (δράση). Μόλις ικανοποιηθεί το τμήμα συνθήκης του κανόνα, ο κανόνας ενεργοποιείται και το μέρος δράσης εκτελείται.
- **Βάση Δεδομένων:** Η βάση δεδομένων έχει ένα σύνολο γεγονότων που χρησιμοποιούνται για σύγκριση με το τμήμα IF (συνθήκη) των κανόνων που διατηρούνται στη βάση γνώσεων.
- **Μηχανισμός Συμπερασμάτων:** Η μηχανή συμπερασμάτων χρησιμοποιείται για να εκτελέσει τον συλλογισμό μέσω του οποίου το σύστημα καταλήγει σε μια λύση. Η δουλειά της μηχανής συμπερασμάτων είναι να συνδέσει τους κανόνες που ορίζονται στη βάση γνώσεων με τα γεγονότα που είναι αποθηκευμένα στη βάση δεδομένων. Η μηχανή συμπερασμάτων είναι επίσης γνωστή ως σημασιολογικός συλλογιστής (σ.σ. semantic reasoner). Συνάγει πληροφορίες ή εκτελεί τις απαιτούμενες ενέργειες με βάση τα δεδομένα εισόδου και τη βάση κανόνων που υπάρχει στη βάση γνώσεων. Ο σημασιολογικός συλλογισμός περιλαμβάνει έναν κύκλο αντιστοίχισης-επίλυσης-δράσης που λειτουργεί ως εξής:

Αντιστοίχιση- Ένα τμήμα του συστήματος κανόνων παραγωγής αντιστοιχίζεται με τα περιεχόμενα της μνήμης εργασίας για να αποκτήσει ένα σετ συγκρούσεων.

Επίλυση συγκρούσεων - Μετά την αντιστοίχιση του συστήματος παραγωγής, μια από τις περιπτώσεις παραγωγής στη σύγκρουση επιλέγεται για εκτέλεση με σκοπό τον προσδιορισμό της προόδου της διαδικασίας.

Δράση- Εκτελείται η περίπτωση παραγωγής που επιλέχθηκε στο προηγούμενο στάδιο, επηρεάζοντας τα περιεχόμενα της μνήμης εργασίας.

- **Εγκαταστάσεις Επεξήγησης:** Οι εγκαταστάσεις επεξήγησης δίνουν τη δυνατότητα στον χρήστη να "ρωτήσει" το σύστημα πώς κατέληξε σε ένα συγκεκριμένο συμπέρασμα και γιατί απαιτείται ένα συγκεκριμένο γεγονός. Το σύστημα πρέπει να είναι σε θέση να εξηγήσει το σκεπτικό του και να αιτιολογήσει το συμπέρασμά του.

- **Διεπαφή Χρήστη:** Η διεπαφή χρήστη είναι το μέσο μέσω του οποίου ο χρήστης που αναζητά μια λύση σε ένα πρόβλημα επικοινωνεί με το σύστημα. Η επικοινωνία θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο ουσιαστική και φιλική και η διεπαφή χρήστη θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο διαισθητική.

Αυτά τα πέντε στοιχεία είναι κρίσιμα για ένα τέτοιο σύστημα, καθώς αποτελούν τα βασικά συστατικά του. Βέβαια το σύστημα μπορεί να έχει και κάποια πρόσθετα στοιχεία, με τα πιο σημαντικά από αυτά να είναι η εξωτερική διεπαφή και η μνήμη εργασίας:

- **Εξωτερική Διεπαφή:** Η εξωτερική διεπαφή επιτρέπει σε ένα σύστημα να λειτουργεί με εξωτερικά αρχεία δεδομένων και προγράμματα που είναι γραμμένα σε συμβατικές γλώσσες προγραμματισμού.
- **Μνήμη Εργασίας:** Η μνήμη εργασίας αποθηκεύει προσωρινές πληροφορίες και δεδομένα.

Εδώ ολοκληρώνεται η ανάλυση των συστατικών που απαρτίζουν ένα σύστημα κανόνων. Στο επόμενο υπο-κεφάλαιο θα εξετάσουμε τα θετικά και τα αρνητικά των συστημάτων κανόνων, ακολουθούμενο από το κεφάλαιο ανάλυση των έμπειρων συστημάτων

5.2.3 Πλεονεκτήματα-Μειονεκτήματα

Όπως κάθε σύστημα το οποίο εφαρμόζεται για κάποια δράση έτσι και το σύστημα κανόνων έχει τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα που το χαρακτηρίζουν. Πιο συγκεκριμένα:

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
1. Ένα σύστημα που βασίζεται σε κανόνες είναι γενικά αποδοτικό σε υπολογιστικούς πόρους και ακριβές όσον αφορά τα αποτελέσματά του.	Ένα σύστημα που βασίζεται σε κανόνες βασίζεται σε πολλά δεδομένα και βαθιά γνώση του τομέα καθώς και σε χειρωνακτική ανθρώπινη προσπάθεια για την εισαγωγή των κανόνων.
2. Οι έξοδοι που παράγονται από το σύστημα εξαρτώνται από κανόνες, επομένως οι ενέργειες που γίνονται εξαιτίας των κανόνων είναι σταθερές και όχι τυχαίες.	Η συγγραφή και η δημιουργία κανόνων για ένα σύνθετο σύστημα είναι αρκετά απαιτητική και χρονοβόρα.
3. Όποια σενάρια καλύπτονται από το σύστημα κανόνων θα παρέχουν υψηλή ακρίβεια. Το ποσοστό σφάλματος μειώνεται λόγω των προκαθορισμένων κανόνων.	Η ικανότητα αυτομάθησης είναι μικρότερη σε ένα σύστημα που βασίζεται σε κανόνες, καθώς παράγει το αποτέλεσμα σύμφωνα με τους κανόνες, και δεν έχει κάποια δυνατότητα “έξυπνης” εκμάθησης.
4. Είναι εφικτό να μειωθεί το ρίσκο όσον αφορά την ακρίβεια του συστήματος.	Η αναγνώριση σύνθετων προτύπων είναι μια απαιτητική εργασία, καθώς απαιτεί πολύ χρόνο και ανάλυση.
5. Η βελτιστοποίηση της ταχύτητας του συστήματος είναι ευκολότερη καθώς υπάρχει γνώση για όλα τα συστατικά μέρη του συστήματος : η παραγωγή ενός μηνύματος-ενέργειας εξόδου είναι εύκολο ζήτημα.	

Πίνακας 3: Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα των Συστημάτων Κανόνων

Με την παράθεση του πίνακα αυτού αναλύθηκαν τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των συστημάτων κανόνων, ολοκληρώνοντας την ανάλυσή τους.

5.3 Έμπειρα Συστήματα (Expert Systems)

Ως μία ανασκόπηση για το τι θεωρείται έμπειρο σύστημα, περιγράφουμε ένα τέτοιο σύστημα ως ένα που μπορεί να προσομοιώσει την ικανότητα λήψης απόφασης ενός ατόμου ειδικού σε έναν συγκεκριμένο τομέα. Σε αυτό το κεφάλαιο θα γίνει ανάλυση αυτών των συστημάτων όσον αφορά την ιστορική τους αναδρομή, τον τρόπο λειτουργίας τους καθώς και ορισμένων πλεονεκτημάτων-μειονεκτημάτων.

5.3.1 Ιστορική Αναδρομή

Λίγο μετά την αυγή των σύγχρονων υπολογιστών στα τέλη της δεκαετίας του 1940 – αρχές της δεκαετίας του 1950, οι ερευνητές άρχισαν να συνειδητοποιούν τις τεράστιες δυνατότητες που είχαν για τη σύγχρονη κοινωνία. Μία από τις πρώτες προκλήσεις ήταν να καταστεί μια τέτοια μηχανή ικανή να έχει ανθρώπινη λογική και δράση. Έτσι, στα τέλη της δεκαετίας του 1950, αμέσως μετά την άφιξη της εποχής της πληροφορίας όπως προαναφέρθηκε στο πρώτο κεφάλαιο, οι ερευνητές άρχισαν να πειραματίζονται με την προοπτική χρήσης της τεχνολογίας των υπολογιστών για να μιμηθούν την ανθρώπινη λήψη αποφάσεων. Για παράδειγμα, βιοϊατρικοί ερευνητές άρχισαν να δημιουργούν συστήματα με τη βοήθεια υπολογιστή για διαγνωστικές εφαρμογές στην ιατρική και τη βιολογία. Αυτά τα συστήματα περιγράφονταν συχνά ως οι πρώιμες μορφές έμπειρων συστημάτων. Ωστόσο, οι ερευνητές είχαν συνειδητοποιήσει ότι υπήρχαν σημαντικοί περιορισμοί κατά τη χρήση παραδοσιακών μεθόδων όπως τα διαγράμματα ροής ή η θεωρία πιθανοτήτων.

Αυτή η προηγούμενη κατάσταση οδήγησε σταδιακά στην ανάπτυξη των έμπειρων συστημάτων, τα οποία χρησιμοποιούσαν προσεγγίσεις βασισμένες στη γνώση. Αυτά τα έμπειρα συστήματα στην ιατρική ήταν το σύστημα MYCIN, το σύστημα INTERNIST-I και αργότερα, στα μέσα της δεκαετίας του 1980, το CADUCEUS.

Τα έμπειρα συστήματα εισήχθησαν επίσημα γύρω στο 1965 από το Stanford Heuristic Programming Project. Οι ερευνητές του Στάνφορντ προσπάθησαν να προσδιορίσουν τομείς όπου η τεχνογνωσία εκτιμάται ιδιαίτερα και πολύπλοκη, όπως η διάγνωση μολυσματικών ασθενειών (Mycin) και ο εντοπισμός άγνωστων οργανικών μορίων (Dendral). Η ιδέα ότι «τα ευφυή συστήματα αντλούν τη δύναμή τους από τη γνώση που διαθέτουν και όχι από τους συγκεκριμένους φορμαλισμούς και τα σχήματα συμπερασμάτων που χρησιμοποιούν» όπως γίνεται για παράδειγμα στα συστήματα κανόνων ήταν τότε ένα σημαντικό βήμα προς τα εμπρός. Τα έμπειρα συστήματα έγιναν μερικές από τις πρώτες πραγματικά επιτυχημένες μορφές λογισμικού τεχνητής νοημοσύνης (AI).

Στη δεκαετία του 1980, τα έμπειρα συστήματα πολλαπλασιάστηκαν. Τα πανεπιστήμια πρόσφεραν μαθήματα για τέτοιου είδους συστήματα και τα δύο τρίτα των εταιρειών του Fortune 500 (500 πιο πλούσιες εταιρείες της γης) εφάρμοσαν την τεχνολογία σε καθημερινές επιχειρηματικές δραστηριότητες, με το ενδιαφέρον να είναι διεθνές.

Το πρώτο έμπειρο σύστημα που χρησιμοποιήθηκε σε σχεδιαστική ικανότητα για ένα προϊόν μεγάλης κλίμακας ήταν το SID (Synthesis of Integral Design) και αναπτύχθηκε το 1982.

Ενώ ορισμένοι κανόνες έρχονταν σε αντίφαση με άλλους, ορισμένοι παράμετροι που αφορούσαν την ταχύτητα ισορροπούσαν την κατάσταση-ζυγαριά. Το πρόγραμμα ήταν για αυτό τον λόγο πολύ αμφιλεγόμενο, αλλά χρησιμοποιήθηκε ωστόσο λόγω περιορισμών στον προϋπολογισμό του έργου.

Κατά τα χρόνια πριν από τα μέσα της δεκαετίας του 1970, οι προσδοκίες για το τι μπορούν να επιτύχουν τα έμπειρα συστήματα σε πολλούς τομείς έτειναν να είναι εξαιρετικά αισιόδοξες. Στην αρχή αυτών των πρώιμων μελετών, οι ερευνητές ήλπιζαν να αναπτύξουν εξ' ολοκλήρου αυτόματα εξειδικευμένα συστήματα. Οι

προσδοκίες των ανθρώπων για το τι μπορούν να κάνουν οι υπολογιστές ήταν συχνά υπερβολικά ιδεαλιστικές.

Στη δεκαετία του 1990 και μετά, ο όρος έμπειρο σύστημα και η ιδέα ενός αυτόνομου συστήματος τεχνητής νοημοσύνης ως επί το πλείστον αποχώρησαν από το λεξικό της πληροφορικής. Υπάρχουν δύο ερμηνείες για αυτό. Το ένα είναι ότι "τα έμπειρα συστήματα απέτυχαν": ο κόσμος της πληροφορικής προχώρησε επειδή τα έμπειρα συστήματα δεν τήρησαν τις υπερβολικές προσδοκίες που έθεσαν. Το άλλο είναι το αντίθετο, ότι τα έμπειρα συστήματα ήταν απλώς θύματα της επιτυχίας τους: καθώς οι έννοιες όπως συστήματα κανόνων έγιναν αντιληπτές, τέτοια εργαλεία μετατράπηκαν από αυτόνομα εργαλεία για την ανάπτυξη εξειδικευμένων συστημάτων, σε ένα από τα πολλά τυπικά βασικά εργαλεία. Συχνά πλέον συμβαδίζουν με περιβάλλοντα αυτοματοποίησης επιχειρηματικών διαδικασιών.

Σήμερα έχουν αναπτυχθεί πιο αποτελεσματικές, ευέλικτες και ισχυρές προσεγγίσεις προκειμένου να προσομοιωθεί η ανθρώπινη διαδικασία λήψης αποφάσεων. Ορισμένες από τις προσεγγίσεις που έχουν αναπτύξει οι ερευνητές βασίζονται σε νέες μεθόδους τεχνητής νοημοσύνης (AI), και ειδικότερα σε προσεγγίσεις μηχανικής μάθησης και εξόρυξης δεδομένων.

Τα σύγχρονα συστήματα μπορούν να ενσωματώσουν πιο εύκολα νέες γνώσεις και έτσι να ενημερώνονται εύκολα. Τέτοια συστήματα μπορούν να αντιμετωπίζουν τεράστιες ποσότητες πολύπλοκων δεδομένων. Μερικές φορές αυτού του είδους τα έμπειρα συστήματα ονομάζονται «έξυπνα συστήματα».

5.3.2 Τύποι, Συστατικά Μέρη και Δυνατότητες

Τα έμπειρα συστήματα χωρίζονται σε πέντε βασικές κατηγορίες. Αυτές είναι οι εξής:

- **Έμπειρα Συστήματα Κανόνων:** Είναι μια υποκατηγορία των συστημάτων κανόνων που αναλύθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο. Η γνώση αναπαρίσταται με την χρήση κανόνων.
- **Έμπειρα Συστήματα Ασαφούς Λογικής:** Ονομάζεται επίσης λογική πολλαπλών τιμών. Χρησιμοποιεί ασαφή λογική αντί για Boolean.
- **Έμπειρα Συστήματα Πλαισίων:** Τα πλαίσια χρησιμοποιούνται για να συλλάβουν και να αναπαραστήσουν τη γνώση.
- **Έμπειρο Σύστημα Νευρωνικού Δικτύου:** Αντικαθιστά μια παραδοσιακή βάση γνώσης με τους νευρώνες, αποθηκεύοντας την γνώση σε αυτούς.
- **Έμπειρο Σύστημα Νευρωνικού Δικτύου με Ασαφή Λογική:** Συνδυάζει ικανότητες παράλληλου υπολογισμού και μάθησης με ικανότητες αναπαράστασης και επεξήγησης της γνώσης.

Αφού αναφερθήκαμε στις πέντε βασικές κατηγορίες των έμπειρων συστημάτων, θα αναλύσουμε τα πέντε βασικά συστατικά από τα οποία αποτελείται ένα τέτοιο σύστημα. Αξίζει να παρατηρηθεί πως μερικά από αυτά μοιάζουν με τα συστατικά από τα οποία αποτελείται ένα σύστημα κανόνων: και αυτός είναι ένας από τους λόγους που μία από τις κατηγορίες των έμπειρων συστημάτων υπάγεται στα συστήματα κανόνων ως υποκατηγορία τους. Συνεπώς τα συστατικά αυτά είναι:

- **Βάση γνώσεων:** Αποθηκεύει κανόνες και γνώση για να σχηματίσει διαδικασίες για την επίλυση προβλημάτων.
- **Μηχανή συμπερασμάτων:** Λαμβάνει δεδομένα από τη βάση γνώσεων και ερμηνεύει τα δεδομένα για να βρει μια λύση στο πρόβλημα. Αυτό το στοιχείο διαθέτει επίσης ικανότητες εντοπισμού σφαλμάτων.
- **Ενότητα απόκτησης και εκμάθησης γνώσης:** Επιτρέπει στην εφαρμογή να αποκτά περισσότερα δεδομένα από πηγές και να τα προσθέτει στη βάση γνώσεων.
- **Διεπαφή χρήστη:** Επιτρέπει στους χρήστες να έχουν πρόσβαση στο έμπειρο σύστημα και να ενημερώνονται για μια απόφαση.
- **Ενότητα επεξήγησης:** Βοηθά τον μη έμπειρο χρήστη να εξηγήσει πώς λήφθηκε μια απόφαση και επιλύθηκε το πρόβλημα.

Ποιες είναι όμως οι δυνατότητες που μπορεί να προσφέρει η χρήση ενός έμπειρου συστήματος; Ένα έμπειρο σύστημα μπορεί να συνδράμει σε διάφορους τομείς. Στο πλαίσιο ενός συστήματος εξυπηρέτησης πελατών με τεχνητή νοημοσύνη για παράδειγμα, ένα έμπειρο σύστημα μπορεί να συμβουλεύει τους πελάτες για το πώς να χρησιμοποιεί το προϊόν μιας εταιρείας και πώς να κάνουν αλλαγές στους λογαριασμούς τους. Μπορούν επίσης ακόμα και να παρέχουν επιδείξεις και οδηγίες για να διευκρινίσουν τη σωστή χρήση ενός προϊόντος ή μιας υπηρεσίας. Τα έμπειρα συστήματα μπορούν να προβλέψουν ή να διαγνώσουν προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι πελάτες και να βρουν μια λύση που πρέπει να ακολουθήσουν οι ίδιοι. Εάν αυτή η λύση δεν λειτουργήσει, το σύστημα μπορεί να προσφέρει ακόμη και ένα σύνολο εναλλακτικών λύσεων για να δοκιμάσει ο πελάτης. Αυτό το πολύπλευρο σύστημα μπορεί να κάνει την εμπειρία των πελατών πιο ευχάριστη.

Εκτός από την αντιμετώπιση προβλημάτων για τους πελάτες μιας εταιρείας, τα έμπειρα συστήματα λαμβάνουν επίσης πολύτιμες πληροφορίες για να βοηθήσουν ένα άτομο ή έναν οργανισμό να λάβει κρίσιμες αποφάσεις. Τα έμπειρα συστήματα έχουν σχεδιαστεί για να ερμηνεύουν τα αποτελέσματα και να παρέχουν τα κατάλληλα ερεθίσματα σχετικά με αυτά τα αποτελέσματα. Για παράδειγμα, τα δεδομένα ενός έμπειρου συστήματος μπορούν να δείξουν εάν οι πελάτες επισκέπτονται συχνά για να λύσουν ένα πρόβλημα με ένα συγκεκριμένο προϊόν. Αυτά τα δεδομένα θα ενημερώσουν έναν οργανισμό για το εάν θα διακόψει ή θα αναπτύξει εκ νέου το προϊόν έχοντας υπόψη αυτά τα παράπονα.

Το παραπάνω ήταν ένα σενάριο στο οποίο μπορεί να εφαρμοστεί ένα έμπειρο σύστημα. Αξίζει όμως όπως και στο προηγούμενο κεφάλαιο να αναφερθούμε στα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της συγκεκριμένης τεχνολογίας ώστε να αποκτηθεί σφαιρική άποψη για αυτή.

5.3.3 Πλεονεκτήματα-Μειονεκτήματα

Ενώ παραπάνω αναλύθηκαν τα έμπειρα συστήματα με θετικό πρόσημο, αξίζει να γίνει μια ενδελεχής αναφορά στα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά τους. Αναλυτικότερα:

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
1. Μπορεί να παρέχει συνεπείς απαντήσεις για επαναλαμβανόμενες αποφάσεις, διαδικασίες και εργασίες. Όσο η βάση κανόνων στο σύστημα παραμένει η ίδια, ανεξάρτητα από το πόσες φορές δοκιμάζονται παρόμοια προβλήματα, τα συμπεράσματα που εξάγονται θα παραμείνουν τα ίδια.	Υπάρχει έλλειψη κοινής λογικής που απαιτείται σε ορισμένες αποφάσεις, καθώς όλες οι αποφάσεις που λαμβάνονται βασίζονται στους κανόνες συμπερασμάτων που ορίζονται στο σύστημα. Επίσης, δεν μπορεί να κάνει δημιουργικές και καινοτόμες απαντήσεις όπως θα έκαναν οι ειδικοί σε ασυνήθιστες περιστάσεις.
2. Μπορεί να διευκρινίσει τους λόγους για τους οποίους εξήγαγε το συμπέρασμα και γιατί θεωρεί την συγκεκριμένη επιλογή πιο λογική μεταξύ άλλων εναλλακτικών.	Η εφαρμογή ενός έμπειρου συστήματος στις επιχειρήσεις θα είναι μια οικονομική επιβάρυνση για μικρότερους οργανισμούς, καθώς έχει υψηλό κόστος ανάπτυξης και συντήρησης.
3. Δεν έχει ανθρώπινους περιορισμούς και μπορεί να λειτουργεί όλο το εικοσιτετράωρο συνεχώς αδιάκοπα.	Υπάρχουν τομείς όπου οι ειδικοί δεν θα μπορούν να εξηγούν πάντα τη λογική και το σκεπτικό τους που απαιτείται για τη διαδικασία της εξαγωγής μιας απόφασης. Ως εκ τούτου, το έργο της κωδικοποίησης της γνώσης είναι εξαιρετικά περίπλοκο και μπορεί να απαιτεί υψηλό κόστος και προσπάθεια.
4. Σε αντίθεση με τους ανθρώπους που συχνά δυσκολεύονται να προσαρμοστούν σε νέα περιβάλλοντα, ένα έμπειρο σύστημα έχει υψηλή προσαρμοστικότητα και μπορεί να ανταποκριθεί σε νέες απαιτήσεις σε σύντομο χρονικό διάστημα. Μπορεί επίσης να συλλάβει νέα γνώση από έναν ειδικό και να τη χρησιμοποιήσει για την επίλυση νέων προβλημάτων.	Ενδέχεται να προκύψει σφάλμα κατά την επεξεργασία λόγω κάποιων λογικών λαθών που έγιναν στη βάση γνώσεων, τα οποία στη συνέχεια θα παράσχουν λάθος λύσεις.

Πίνακας 4: Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Έμπειρων Συστημάτων

Με την παράθεση του πίνακα αυτού αναλύθηκαν τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των έμπειρων συστημάτων, ολοκληρώνοντας την ανάλυσή τους.

5.4 Μηχανές Κανόνων Έμπειρων Συστημάτων

Τα δύο παραπάνω κεφάλαια αποτελούν μια γενική θεωρητική ανάλυση των τεχνολογιών. Για την εφαρμογή τους σε εφαρμογές και μηχανισμούς στην πράξη έχουν δημιουργηθεί ορισμένες βιβλιοθήκες και δομές (frameworks) οι οποίες

βοηθούν τον προγραμματιστή στο στήσιμο ενός τέτοιου είδους συστήματος. Όπως προαναφέρθηκε, συνήθως σήμερα γίνεται ένας συνδυασμός των συστημάτων κανόνων με τα έμπειρα συστήματα. Αυτός ο συνδυασμός υλοποιείται με την μορφή “μηχανής” έμπειρων συστημάτων κανόνων με την χρήση της οποίας εξάγονται και οι αποφάσεις. Η εκτενής ανάλυση αυτού του συστήματος στον συγκεκριμένο μηχανισμό που παρουσιάζεται στην πτυχιακή γίνεται στο επόμενο κεφάλαιο. Εδώ θα γίνει παρουσίαση του ορισμού και της χρησιμότητας αυτών, καθώς και ποιες είναι οι διαθέσιμες μηχανές για έναν προγραμματιστή: και ποιες πρέπει να χρησιμοποιήσει.

5.4.1 Ορισμός και Χρησιμότητα

Μια μηχανή κανόνων είναι ένα κομμάτι λογισμικού που εκτελεί κανόνες σύμφωνα με κάποιο αλγόριθμο. Μια μηχανή κανόνων συνδυάζει ένα σύνολο γεγονότων που εισάγονται στο σύστημα με το δικό του σύνολο κανόνων για να καταλήξει στο συμπέρασμα ενεργοποίησης μιας ή περισσότερων ενεργειών. Αυτοί οι κανόνες περιγράφουν τυπικά την λογική που πρέπει να εφαρμοστεί στο περιβάλλον της εφαρμογής.

Η συντομότερη απάντηση στο πότε πρέπει να χρησιμοποιηθεί αυτού του είδους η τεχνολογία είναι "όταν δεν υπάρχει ικανοποιητική παραδοσιακή προσέγγιση προγραμματισμού για την επίλυση του προβλήματος.". Ο λόγος για τον οποίο δεν υπάρχει «παραδοσιακή» προσέγγιση είναι πιθανώς ένας από τους εξής:

- Το πρόβλημα είναι πέρα από κάθε προφανή λύση που βασίζεται σε αλγόριθμο.
- Είναι ένα περίπλοκο πρόβλημα προς επίλυση, δεν υπάρχουν προφανείς παραδοσιακές λύσεις ή βασικά το πρόβλημα δεν είναι πλήρως κατανοητό.
- Η λογική αλλάζει συχνά
- Η ίδια η λογική μπορεί να είναι απλή αλλά οι κανόνες αλλάζουν αρκετά συχνά. Σε πολλούς οργανισμούς, οι εκδόσεις λογισμικού είναι ελάχιστες και οι κανόνες μπορούν να βοηθήσουν στην παροχή της «ευκινησίας» που απαιτείται και αναμένεται με ασφαλή τρόπο.

Αξίζει βέβαια να υπογραμμιστεί πως η συγκεκριμένη τεχνολογία είναι αρκετά ισχυρή και ενδεχομένως θεωρηθεί ως περιττή ανάλογα την εφαρμογή και τον μηχανισμό στον οποίο εφαρμόζεται, καθώς δεν θεωρείται πανάκεια για την ανάπτυξη ενός λογισμικού. Ειδικότερα:

- Εάν η εφαρμογή είναι μικρή, πιθανώς με λιγότερους από 20 κανόνες, τότε μια μηχανή κανόνων θα ήταν πιθανώς υπερβολική. Ωστόσο, αξίζει οι προγραμματιστές να αναλογιστούν τις μελλοντικές προεκτάσεις των εφαρμογών τους διότι πολλά συστήματα ξεκινούν από μικρά, αλλά καθώς προστίθενται περισσότερες απαιτήσεις, ξαφνικά γίνεται

αδύνατη η διαχείρισή τους: γεννώντας την ανάγκη για την χρήση μηχανών κανόνων.

- Εάν η λογική είναι καλά καθορισμένη ή στατική και δεν αλλάζει συχνά
- Εάν οι κανόνες είναι απλοί, ανεξάρτητοι, συνήθως καλύπτουν μόνο ένα αντικείμενο (για παράδειγμα, έλεγχος ότι η ηλικία ενός χρήστη είναι μικρότερη από 21).
- Δεν χρειάζεστε μια μηχανή κανόνων εάν δεν υπάρχουν περισσότερες από δύο ένθετες δηλώσεις if-then.
- Εάν η απόδοση είναι το κύριο μέλημα της εφαρμογής και θέλουμε να έχουμε πλήρη έλεγχο σε αυτή (πχ κάποιος αλγόριθμος κατά την εκτέλεσή της).
- Εάν η εφαρμογή είναι απλή και δεν πρόκειται ποτέ να χρησιμοποιηθεί ξανά ή να διατηρηθεί με την πάροδο του χρόνου.

Επομένως, όπως κάθε τεχνολογικό και μη εργαλείο που χρησιμοποιείται, αξίζει να αναλογιστούν οι προγραμματιστές τους λόγους χρησιμότητας και αποτροπής της χρήσης μηχανισμού κανόνων προτού υλοποιήσουν έναν, ώστε να αυξήσουν την αποδοτικότητα της εφαρμογής και να περιορίσουν το κόστος: τόσο οικονομικό και χρονικό αλλά και υπολογιστικό.

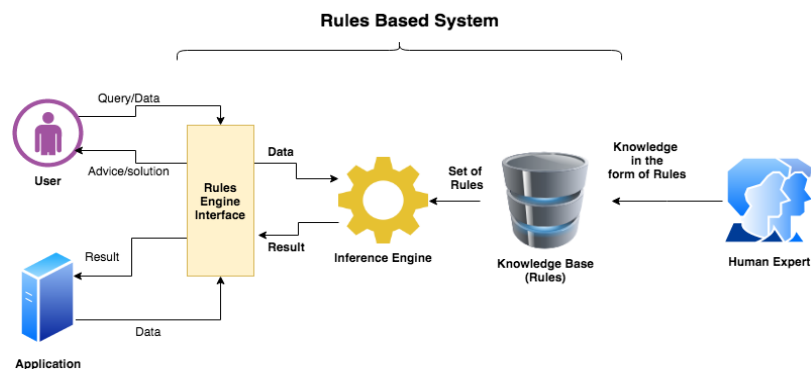
5.4.2 Διαθέσιμες Μηχανές Κανόνων

Ανάλογα την γλώσσα προγραμματισμού, την εφαρμογή και την πολυπλοκότητα που την διέπει υπάρχουν ποικίλες υλοποιήσεις μηχανών κανόνων. Φυσικά δεν θα μπορούσαμε να παραθέσουμε όλες τις υλοποιήσεις, καθώς κάθε γλώσσα ενδέχεται να διαθέτει διαφορετικές προσεγγίσεις. Εδώ θα γίνει παράθεση των πιο γνωστών λύσεων και αυτών που αποτελούν σήμα κατατεθέν των μηχανών κανόνων σήμερα.

1. **Drools:** Αποτελώντας την πιο δημοφιλή και ταυτόχρονα την πιο ισχυρή μηχανή κανόνων, το Drools είναι μια λύση Συστήματος Διαχείρισης Επιχειρηματικών Κανόνων (BRMS). Είναι γραμμένη σε γλώσσα Java και μπορεί να ενσωματωθεί ακόμα και σε εφαρμογές κινητών τηλεφώνων. Το μοναδικό μειονέκτημα είναι πως λόγω της πληθώρας δυνατοτήτων που προσφέρει η εκμάθηση για την χρήση της καθίσταται δύσκολη διαδικασία: ιδιαίτερα για κάποιο άτομο που δεν έχει εντριφθεί σε παρόμοιο τομέα στο παρελθόν.
2. **OpenRules:** Μία ακόμα στιβαρή υλοποίηση BRMS είναι το OpenRules. Η διαφορά με το Drools είναι πως το OpenRules στοχεύει στην χρησιμοποίησή του από επιχειρήσεις, και επομένως είναι πιο προσανατολισμένο για εκείνο τον τομέα. Προσφέρει στους χρήστες εκτός από την μηχανή κανόνων και άλλες λειτουργίες μέσω της

σουίτας της εταιρείας όπως εκμαθητής κανόνων (rule learner) που βασίζεται σε τεχνικές μηχανικής μάθησης.

3. **EasyRules:** Σύμφωνα με την σελίδα στο GitHub όπου και έχει αναρτηθεί η συγκεκριμένη υλοποίηση ανοιχτού κώδικα, το EasyRules είναι μια μηχανή κανόνων γραμμένη σε Java. Όπως αναφέρει ο ιδρυτής της, παρέχει την αφαιρετική έννοια των κανόνων για τη δημιουργία τους με συνθήκες και ενέργειες και το RulesEngine API που εκτελείται μέσα από ένα σύνολο κανόνων με σκοπό την αξιολόγηση των συνθηκών και την εκτέλεση διάφορων ενεργειών μέσω αυτού.
4. **InRules:** Το InRules είναι μηχανή κανόνων γραμμένη σε γλώσσα Kotlin με σκοπό τη διατήρηση κανόνων και επιχειρηματικής λογικής με μορφή κώδικα. Η διαφορά με τις υπόλοιπες πέρα την γλώσσα στην οποία είναι γραμμένη είναι πως είναι κατάλληλη για μικρές εφαρμογές αλλά και για προγραμματιστές χωρίς προηγούμενη εμπειρία στο συγκεκριμένο πεδίο: προσφέροντας έναν εύκολο τρόπο σε αυτούς να προσδιορίσουν τους κανόνες που θέλουν να ορίσουν στην εφαρμογή τους, καθώς και τις ενέργειες που απορρέουν από αυτούς. Η συγκεκριμένη μηχανή κανόνων έχει χρησιμοποιηθεί και στον μηχανισμό που έχει παρουσιαστεί στην πτυχιακή και θα αναλυθεί πιο συγκεκριμένα και πρακτικά πάνω σε αυτόν στο επόμενο κεφάλαιο.



Εικόνα 36: Σχεδιάγραμμα Ανάλυσης Δομής Μηχανών Κανόνων

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 Μελέτη Περιπτώσεων

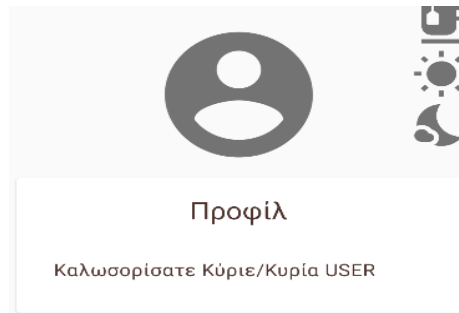
6.1 Εισαγωγή

Με το πέρας των κεφαλαίων που έδιναν μια γενική εικόνα για τις τεχνολογίες που αφορούν στην εφαρμογή αλλά και με την παρουσίαση των τμημάτων που την απαρτίζουν σε ένα ειδικότερο πλαίσιο, καθίσταται σημαντικό να παρουσιάσουμε αναλυτικότερα την ίδια την εφαρμογή-μηχανισμό, μέσα από σενάρια εκτέλεσης. Δηλαδή, θα γίνει μελέτη περιπτώσεων χρήσης διαφόρων τμημάτων της εφαρμογής κατά την αλληλεπίδραση με αυτή από τους χρήστες, και μια διεξοδική περιγραφή αυτών: που θα συνοδεύεται με την χρήση εικόνων από την ίδια την εφαρμογή. Αξίζει σε αυτό το σημείο να υπογραμμιστεί πως οι παρεχόμενες εικόνες είναι αποτέλεσμα προσομοιωτή εφαρμογών σε περιβάλλον υπολογιστή, για καλύτερη ευκρίνεια. Φυσικά η εφαρμογή-μηχανισμός είναι ελεγχμένος και σε φυσικές συσκευές και λειτουργεί δίχως πρόβλημα σε κινητά και ταμπλέτες σε οποιοδήποτε προσανατολισμό (οριζόντιο και κάθετο). Τα παρακάτω υπό-κεφάλαια θα χωριστούν ανάλογα με τις κύριες λειτουργίες της εφαρμογής σε Προφίλ Χρήστη, Κάμερα, Στατιστικά και Ιστορικό, και σε ένα τελευταίο υπό-κεφάλαιο που μπορεί να επιδεικνύει άλλες πιθανές δυνατότητες της εφαρμογής.

6.2 Προφίλ Χρήστη

Αρχικά θα παρουσιαστεί το Προφίλ του Χρήστη (Εικόνα 37). Με το άνοιγμα της εφαρμογής από τους χρήστες, παρουσιάζεται η οθόνη του προφίλ τους. Αυτή είναι και η αρχική οθόνη της εφαρμογής. Λόγω της ασφάλειας και του απορρήτου που καθορίζει την εφαρμογή στο προφίλ δεν θα υπάρχουν προσωπικές πληροφορίες για τον χρήστη πέρα από το όνομά του: η εφαρμογή δεν χρειάζεται την γνώση κάποιου προσωπικού στοιχείου του χρήστη όπως για παράδειγμα την τοποθεσία του. Το όνομα λειτουργεί μόνο ως παράγοντας οικειοποίησης της εφαρμογής από τον χρήστη και μπορεί να εισάγεται κατά την σύνδεση στην εφαρμογή. Παρακάτω μπορούμε να αντικρίσουμε και μια πιο γενική εικόνα που λειτουργεί ως δείκτης πως βρισκόμαστε στην σελίδα του προφίλ. Σε μια πιθανώς μελλοντική έκδοση θα μπορούσε να υποστηρίζεται και η χρήση φωτογραφιών προφίλ από τον χρήστη.

Στην συγκεκριμένη έκδοση το όνομα παραμένει ως η προεπιλεγόμενη τιμή USER, καθώς δεν υπήρχε κάποια ουσία για την επίδειξη μιας σύνδεσης στην εφαρμογή που θα είχε μόνο ένα πεδίο εισαγωγής ονόματος. Κωδικός δεν υπάρχει γιατί η χρήση της εφαρμογής γίνεται τοπικά στην συσκευή του χρήστη με στόχο την προστασία του απορρήτου των δεδομένων του και δεν υπάρχει κάποια απομακρυσμένη σύνδεση που να γεννά την ανάγκη για κωδικό πρόσβασης.



Εικόνα 37: Στοιχεία Προφίλ Χρήστη

Μία από τις σημαντικότερες πληροφορίες που απεικονίζονται στην σελίδα του προφίλ του χρήστη είναι το πλαίσιο διατροφικών συστάσεων προς αυτόν. Το συγκεκριμένο πλαίσιο απεικονίζει όλες τις συστάσεις που δίνονται από την εφαρμογή στον χρήστη, αν υπάρχουν. Για παράδειγμα, όταν ο χρήστης μεταβεί στο προφίλ του, εκτός από το όνομα χρήστη που θα φαίνεται θα απεικονίζονται και όσες προτάσεις του δίνονται. Αυτές ποικίλουν και μπορούν να είναι από συστάσεις κατά την κατανάλωση γλυκών μέχρι και συστάσεις έναντι της κατανάλωσης λίπους γενικότερα. Ο χρήστης μπορεί εύκολα να προβάλλει τις συστάσεις όσες και να είναι αυτές σύροντας στο πλαίσιο των συστάσεων. Επομένως δεν υπάρχει κάποιος χωρικός περιορισμός που θα προκύπτει από τον αριθμό των συστάσεων αυτών.



Εικόνα 38: Συστάσεις στον Χρήστη (Σύσταση 1η)



Εικόνα 39: Συστάσεις στον Χρήστη (Μετάβαση σε Επόμενη Σύσταση)



Εικόνα 40: Συστάσεις στον χρήστη (Σύσταση 2η)

Εδώ μπορούμε να δούμε για παράδειγμα πως στο πλαίσιο των προτάσεων ο χρήστης έχει δύο συστάσεις από την εφαρμογή: μία που του προτρέπει να μην καταναλώσει άλλο λίπος και άλλη μία που του προτρέπει να μην καταναλώσει άλλα γλυκά την συγκεκριμένη εβδομάδα. Το πώς εισήχθησαν οι προτάσεις αυτές στο πλαίσιο θα παρουσιαστεί σε λίγο σε επόμενο κεφάλαιο-σενάριο. Αρχικά ο χρήστης

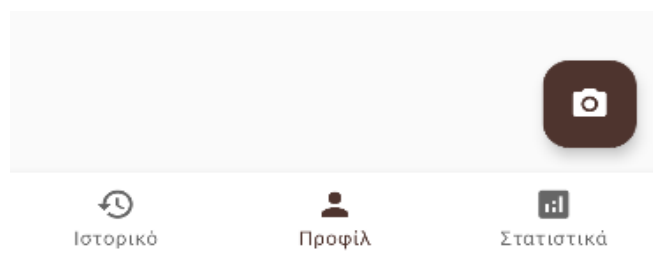
βλέπει την πρώτη πρόταση στο πλαίσιο των προτάσεων (Εικόνα 38). Με την κίνηση του χεριού του, η σύσταση μέσα στο πλαίσιο ανεβαίνει προς τα επάνω εμφανίζοντας την δεύτερη σύσταση (Εικόνα 39). Μόλις ολοκληρωθεί η συγκεκριμένη κίνηση, εμφανίζεται και η επόμενη σύσταση με επιτυχία (Εικόνα 40). Εδώ το παράδειγμα αναφέρονταν σε δύο συστάσεις. Φυσικά αν υπήρχαν παραπάνω από δύο συστάσεις με τον ίδιο τρόπο θα εμφανίζονταν στο πλαίσιο των προτάσεων, με παρόμοια κίνηση (animation) : εξοικονομώντας χώρο και εξασφαλίζοντας πως δεν υπάρχει περιορισμός στον αριθμό των συστάσεων προς τον χρήστη από θέμα εφαρμογής.

Μία επιπρόσθετη ρύθμιση που έχει εισαχθεί στην σελίδα του προφίλ είναι τα τρία εικονίδια επιλογής ωρών για τα γεύματα του χρήστη (Εικόνα 41). Επειδή η εφαρμογή απευθύνεται σε διαφορετικά άτομα, επιβάλλεται να υπάρχει υποστήριξη για τις χρονικές τους προτιμήσεις όσον αφορά τα γεύματα. Για παράδειγμα, κάποιος ηλικιωμένος πιθανώς επιθυμεί να καταναλώνει το πρωινό του από τις 6 μέχρι και τις 10 το πρωί, ενώ ένας φοιτητής να έχει διαφορετικές ώρες. Με το κλικ, επομένως, σε ένα από αυτά τα εικονίδια εμφανίζεται ένα παράθυρο διαλόγου στο οποίο ο χρήστης καλείται να εισάγει την επιθυμητή ώρα που συνήθως αρχίζει να καταναλώνει το γεύμα που επέλεξε. Με την επιβεβαίωση της πρώτης ώρας, ανοίγει ακόμα ένα παράθυρο διαλόγου για την εισαγωγή της ώρας που ο χρήστης συνήθως τελειώνει την κατανάλωση του συγκεκριμένου γεύματος. Στο παράδειγμα του ηλικιωμένου χρήστη, η αρχική ώρα ορίζεται ως 06:00 και η τελική ώρα ως 12:00. Αυτές οι πληροφορίες αποθηκεύονται τοπικά στην βάση και ανακτώνται όποτε χρειαστεί για καλύτερο προσδιορισμό των γευμάτων.



Εικόνα 41: Εικονίδια Αλλαγής Ωρών Γεύματος (Πρωινό, Μεσημεριανό, Βραδινό)

Τέλος, στο κάτω μέρος της σελίδας του προφίλ βρίσκεται ο κάτω περιηγητής (Εικόνα 42). Η λειτουργία του είναι γνωστή από προηγούμενο κεφάλαιο. Στην εικόνα παρακάτω μπορούμε να δούμε πως μέσω αυτού ο χρήστης μπορεί με ένα κλικ να βρεθεί στην σελίδα του ιστορικού, των στατιστικών ή και της κάμερας με το κλικ στο καφέ κουμπί με το αντίστοιχο εικονίδιο. Ένα πιθανό κλικ στο εικονίδιο του προφίλ δεν θα εκτελέσει κάποια ενέργεια, καθώς όπως επιδεικνύεται από το ελαφρύ καφέ χρώμα αυτού ο χρήστης βρίσκεται ήδη στην σελίδα του προφίλ. Οι υπόλοιπες διαθέσιμες επιλογές είναι χρωματισμένες με γκρι.

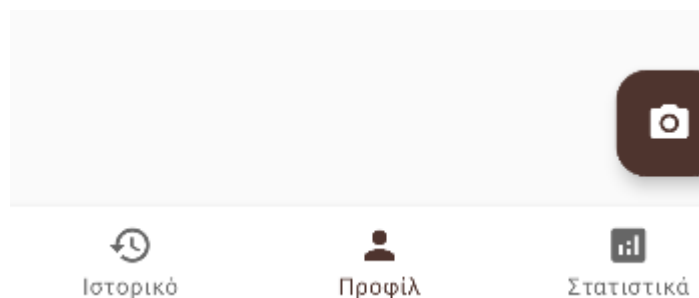


Εικόνα 42: Κάτω Περιηγητής Προφίλ

6.3 Κάμερα

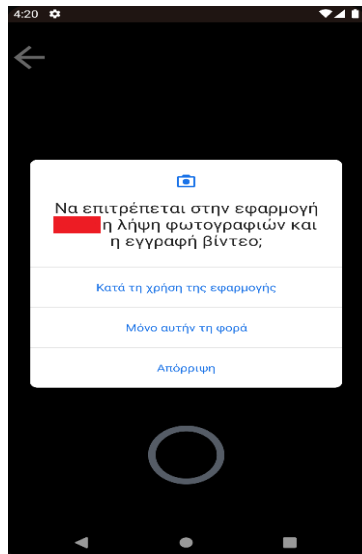
Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναλυθεί ένα από τα πιο σημαντικά σενάρια χρήσης της εφαρμογής: αυτό της χρήσης της κάμερας. Η κάμερα αποτελεί μία από τις πιο σημαντικές λειτουργίες της εφαρμογής καθώς μέσω αυτής γίνεται καταγραφή του γεύματος, αναγνώρισή με τη χρήση του μοντέλου μηχανικής μάθησης και τελικά αποθήκευσή του με τα κατάλληλα υλικά.

Ας ξεκινήσουμε την ανάλυση βήμα βήμα. Αρχικά ας υποθέσουμε πως βρισκόμαστε σε μία από τις οποιεσδήποτε τρεις κύριες σελίδες της εφαρμογής: Ιστορικό, Προφίλ και Στατιστικά. Εκεί βρίσκεται ένα καφέ κουμπί με το εικονίδιο της κάμερας (Εικόνα 43) που με ένα κλικ σε αυτό ο χρήστης οδηγείται στην σελίδα της κάμερας.



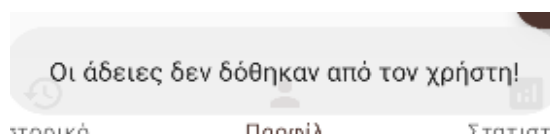
Εικόνα 43: Κουμπί Ανακατεύθυνσης στην Κάμερα

Όταν οδηγηθεί εκεί για πρώτη φορά, ο χρήστης θα συναντήσει ένα παράθυρο διαλόγου (Εικόνα 44). Το συγκεκριμένο παράθυρο ζητά από τον χρήστη άδεια για την χρήση της κάμεράς του για να εξασφαλιστεί ο σεβασμός στα προσωπικά του δεδομένα.



Εικόνα 44: Παράθυρο Διαλόγου Αδειών

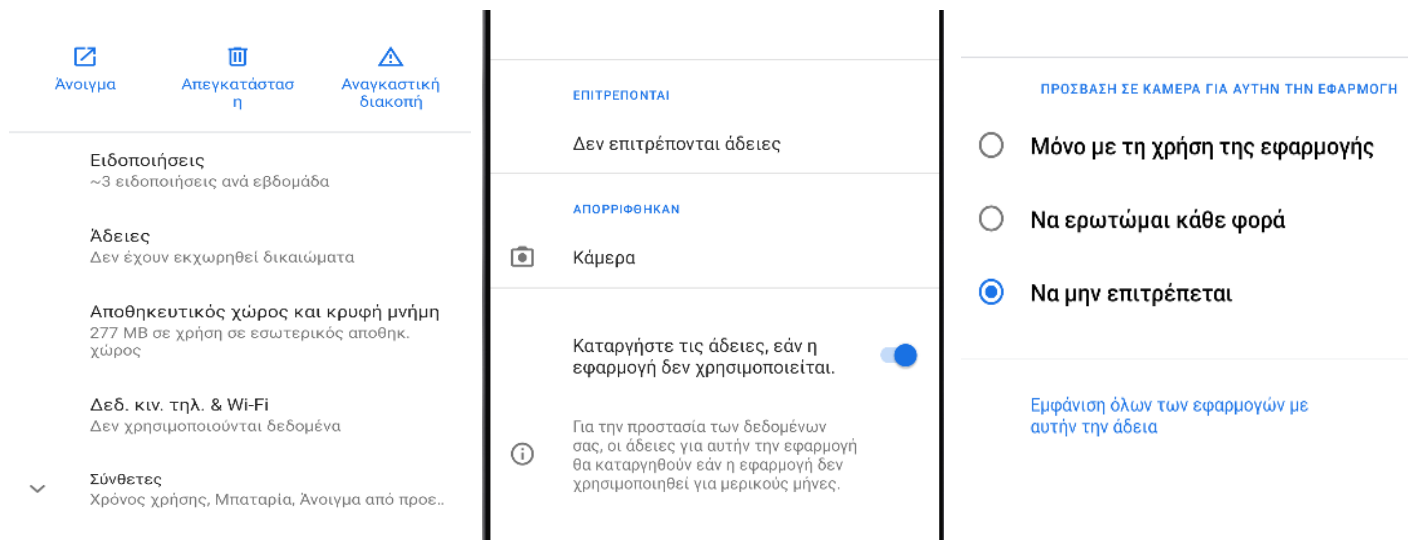
Αν ο χρήστης επιλέξει την επιλογή 'Κατά τη χρήση της εφαρμογής', τότε το παράθυρο εξαφανίζεται και ο χρήστης έχει πρόσβαση στην λειτουργία της κάμερας. Αν επιλέξει την επιλογή Μόνο αυτήν τη φορά, τότε από την μία έχει πρόσβαση στην κάμερα όμως την επόμενη φορά που θα την ξαναχρησιμοποιήσει θα του ξαναζητηθεί άδεια για την χρήση της. Αντίθετα, με την επιλογή της 'Απόρριψης' η κάμερα κλείνει, ο χρήστης οδηγείται στην αρχική σελίδα και του εμφανίζεται ένα μήνυμα που δηλώνει πως αρνήθηκε να δώσει τις κατάλληλες άδειες για την χρήση της κάμερας, όπως φαίνεται παρακάτω.



Εικόνα 45: Άρνηση Αδειών

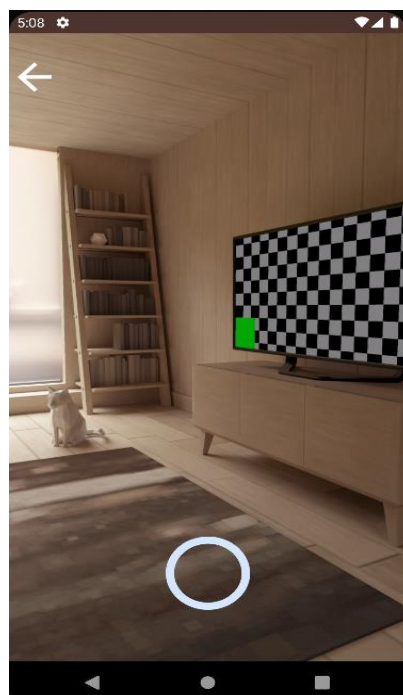
Όπως σε κάθε εφαρμογή Android έτσι και σε αυτή, αν ο χρήστης αρνηθεί δύο συνεχόμενες φορές την χρήση της κάμερας τότε ακόμα και αν πατήσει το αντίστοιχο κουμπί δεν θα οδηγηθεί στην σελίδα της και θα του εμφανιστεί αμέσως το παραπάνω μήνυμα (Εικόνα 45). Για να διορθωθεί αυτό σε περίπτωση που έχει αλλάξει γνώμη και επιθυμεί να δώσει την άδεια που χρειάζεται, πρέπει να οδηγηθεί στις ρυθμίσεις της εφαρμογής και να επιλέξει την επιλογή Άδειες. Έπειτα, μπορεί να δει πως στις άδειες που απορρίφθηκαν βρίσκεται η κάμερα. Με ένα κλικ πάνω σε αυτή μπορεί να επιλέξει μία από τις δύο επιλογές πέρα της άρνησης για να δώσει τις άδειες που χρειάζονται για την λειτουργία της κάμερας. Το "μπλοκάρισμα" που έρχεται ως αποτέλεσμα της διπλής συνεχόμενης άρνησης είναι μια ρύθμιση ασφαλείας από το

λογισμικό Android για την προστασία του χρήστη: με την εφαρμογή να το εφαρμόζει. Παρακάτω φαίνονται και οπτικά οι προαναφερόμενες οδηγίες. (Εικόνα 46-47-48)



Εικόνα 46-47-48: Βήματα για την επανάκτηση άδειας κάμερας σε περίπτωση διπλής άρνησης

Με τις κατάλληλες άδειες ο χρήστης φτάνει στη σελίδα της κάμερας (Εικόνα 49). Εκεί έχει διαθέσιμα δύο κουμπιά. Το ένα είναι το βέλος επιστροφής που τον επιστρέφει στην προηγούμενη σελίδα από την οποία πάτησε το κουμπί της κάμερας και το άλλο είναι το κύριο κουμπί λειτουργίας της.

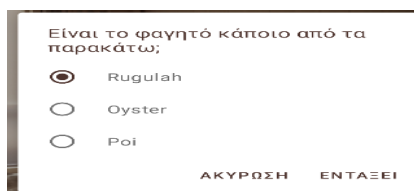


Εικόνα 49: Σελίδα Κάμερας

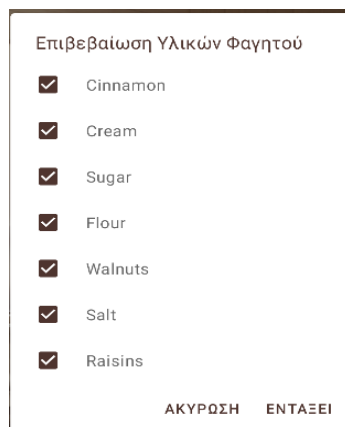
Αξίζει σε αυτό το σημείο να υπογραμμιστεί πως η παραπάνω εικόνα είναι προϊόν του προσομοιωτή. Σε μία φυσική συσκευή θα φαινόταν κανονικά το περιεχόμενο της κάμερας του χρήστη.

Όταν ο χρήστης κάνει κλικ στο κουμπί της κάμερας θα επέλθουν μερικά δευτερόλεπτα αναμονής που θα υποδηλωθούν με την ένδειξη κυκλικής φόρτωσης (βλέπε κεφάλαιο 3). Σε αυτά τα δευτερόλεπτα θα γίνει κλήση του μοντέλου μηχανικής μάθησης. Στο μοντέλο έχει περαστεί η φωτογραφία που έχει ληφθεί την στιγμή του κλικ του κουμπιού της κάμερας.

Με το πέρας της επεξεργασίας από το μοντέλο, θα επιστραφούν στον χρήστη τα αποτελέσματα από την αναγνώριση του γεύματος. Πιο συγκεκριμένα, εμφανίζεται ένα παράθυρο διαλόγου με τρία φαγητά: τις τρεις πιο πιθανές “μαντεψιές” (Εικόνα 50) του μοντέλου για το τι είναι το γεύμα μόλις απεικονίστηκε με την κάμερα. Οι κινήσεις που μπορεί να κάνει ο χρήστης στην συγκεκριμένη περίπτωση είναι δύο: είτε να επιλέξει μία από τις τρεις επιλογές, αν το μοντέλο είναι σωστό, είτε να επιλέξει Ακύρωση. Θα αναλυθούν μέχρι την τελική αποθήκευση του φαγητού/γεύματος και οι δύο επιλογές, ξεκινώντας από την επιλογή ενός από των τριών εναλλακτικών.



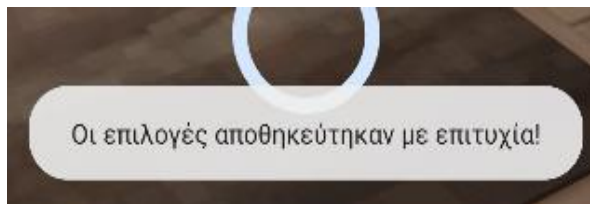
Εικόνα 50: Παράθυρο Διαλόγου Επιλογών Φαγητών



Εικόνα 51: Παράθυρο Διαλόγου Επιλογών Υλικών

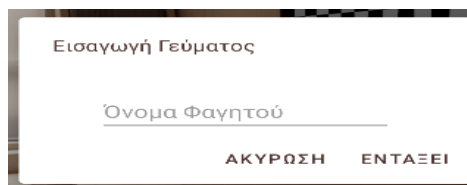
Με την επιλογή ενός από των τριών πιθανών γευμάτων ο χρήστης συναντά ένα παράθυρο διαλόγου επιβεβαίωσης υλικών (Εικόνα 51). Πιο συγκεκριμένα, καλείται να επιλέξει ανάμεσα σε μια προκαθορισμένη λίστα υλικών για το συγκεκριμένο γεύμα πριν αυτό αποθηκευτεί με τα ανάλογα ιχνοστοιχεία των υλικών αυτών στην βάση. Αν σε αυτό το παράθυρο επιλέξει Ακύρωση, τότε θα κλείσει και δεν θα καταχωρηθεί κάποιο φαγητό. Αν από την άλλη επιλέξει τα υλικά που επιθυμεί θα

του εμφανιστεί ένα μήνυμα επιβεβαίωσης καταχώρησης του γεύματός του, μαζί με τα υλικά που επέλεξε (Εικόνα 52). Το γεύμα θα εμφανίζεται στο ιστορικό και θα συμμετέχει στον υπολογισμό των ιχνοστοιχείων για την εξαγωγή στατιστικών και συστάσεων.



Εικόνα 52: Μήνυμα Αποθήκευσης Επιλογών

Επιστρέφοντας στο παράθυρο διαλόγου επιλογής φαγητού, αν ο χρήστης επιλέξει ακύρωση θα του εμφανιστεί ένα άλλο παράθυρο, στο οποίο θα του ζητηθεί να εισάγει ο ίδιος το φαγητό που κατανάλωσε χειροκίνητα (Εικόνα 53). Έπειτα, θα γίνει αναζήτηση στην βάση και θα επιλεγεί το φαγητό που είναι πιο παρόμοιο με αυτό που εισήχθη από αυτόν. Με το πέρας της επιλογής εμφανίζεται ένα παράθυρο διαλόγου επιλογής υλικών για το συγκεκριμένο γεύμα: το οποίο λειτουργεί σαν το παράθυρο υλικών που αναλύθηκε στην προηγούμενη παράγραφο.



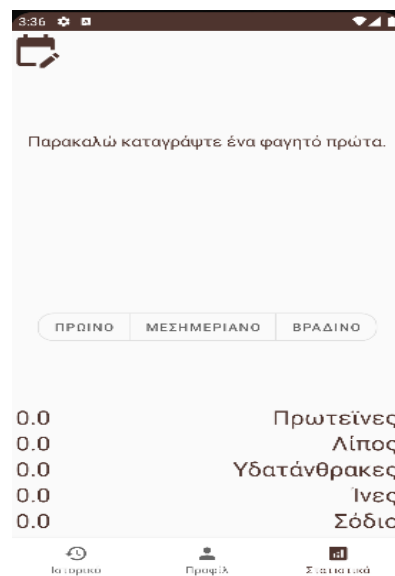
Εικόνα 53: Παράθυρο Εισαγωγής Γεύματος από Χρήστη

6.4 Στατιστικά

Με το πέρας της ανάλυσης του προφίλ και της κάμερας έρχεται η ανάλυση ενός εξίσου σημαντικού κομματιού της εφαρμογής: των στατιστικών. Η σελίδα των στατιστικών αποτελεί την ακριβή απεικόνιση των ιχνοστοιχείων των γευμάτων που καταναλώθηκαν. Πιο συγκεκριμένα, η απεικόνιση γίνεται τόσο σε επίπεδο κειμένου καθώς ενημερώνεται ο χρήστης για το τι ιχνοστοιχεία καταναλώθηκαν από απλό κείμενο, όσο και σε οπτικό επίπεδο μέσω πίτας που δείχνει τα ποσοστά των ιχνοστοιχείων.

Ας ξεκινήσουμε αναλυτικά την ανάλυση της συγκεκριμένης σελίδας για καλύτερη κατανόηση των παραπάνω. Αρχικά, για να μπορέσει ο χρήστης να βρεθεί στην σελίδα των στατιστικών πρέπει να κάνει κλικ στο αντίστοιχο εικονίδιο του κάτω περιηγητή.

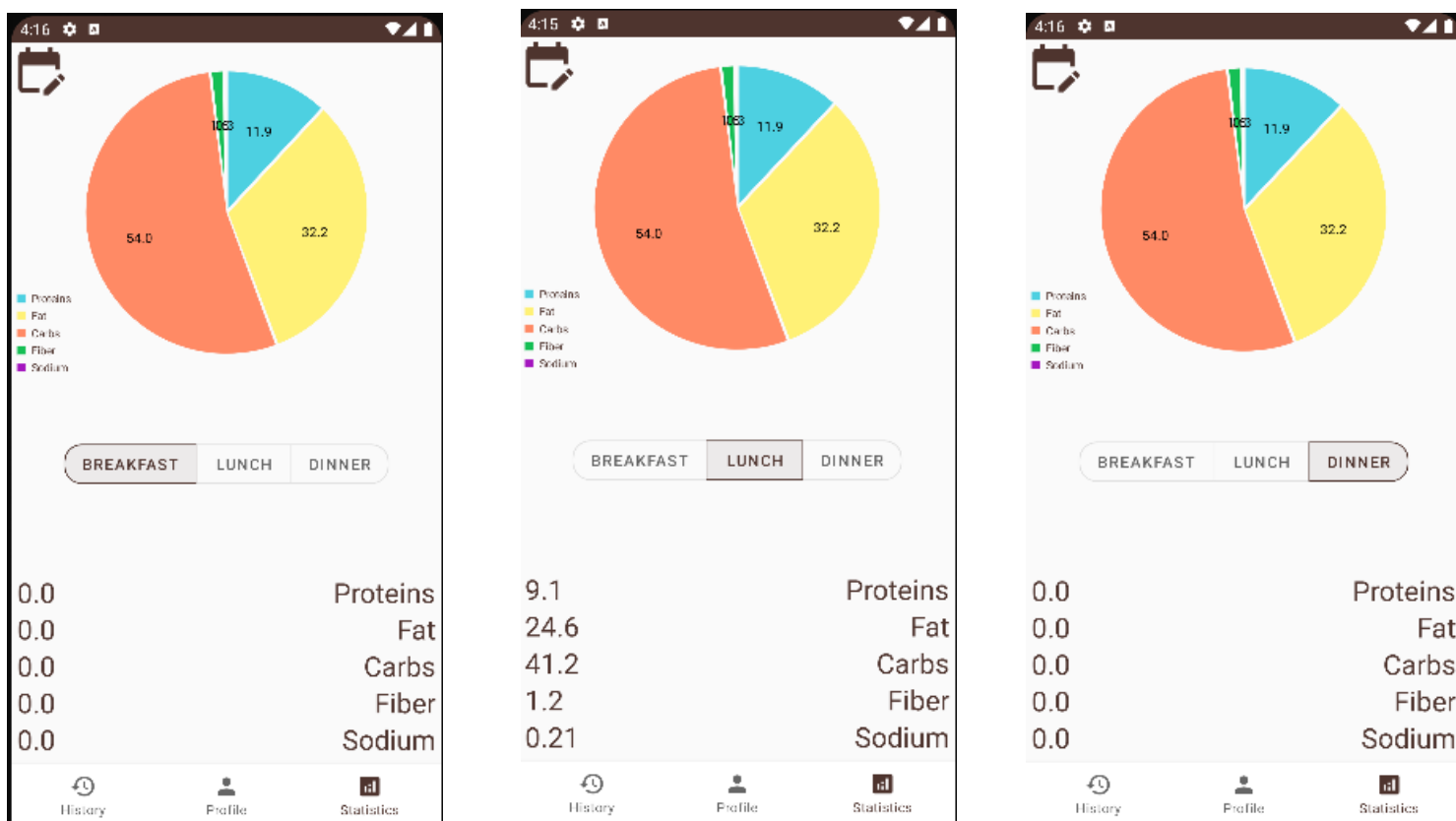
Όταν κάνει το κλικ, θα βρεθεί στην σελίδα των στατιστικών. Αν δεν έχει ξαναχρησιμοποιήσει την εφαρμογή ποτέ ή το διάστημα που έχει επιλεχθεί τότε θα συναντήσει μια σελίδα στην οποία τα ιχνοστοιχεία θα είναι όλα με μηδενική τιμή για κάθε γεύμα: πρωινό, μεσημεριανό, βραδινό, και η πίτα δεν θα έχει σχηματιστεί αλλά θα εμφανίζει το ανάλογο μήνυμα που θα ενημερώνει τον χρήστη, όπως φαίνεται παρακάτω (Εικόνα 54).



Εικόνα 54: Σελίδα Στατιστικών Χωρίς Δεδομένα Γευμάτων

Ας υποθέσουμε το σενάριο ότι ο χρήστης όντως δεν έχει ξαναχρησιμοποιήσει ποτέ την εφαρμογή. Πηγαίνοντας στην κάμερα και εκτελώντας τις ενέργειες που αναλύθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο που αφορούσαν στην αποθήκευση/καταγραφή ενός γεύματος ο χρήστης αποθηκεύει το γεύμα στην βάση. Με την μετάβασή του στην σελίδα των στατιστικών θα συναντήσει πλέον μια πίτα η οποία απεικονίζει τα ποσοστά των ιχνοστοιχείων από τα γεύματα που κατανάλωσε

όλες τις ώρες τις μέρας στο διάστημα που έχει επιλεγεί. Εφόσον δεν έχει ξαναχρησιμοποιήσει την εφαρμογή το διάστημα αυτό είναι ο συγκεκριμένος μήνας που βρίσκεται ο χρήστης. Επίσης, κάθε φορά που ανοίγει εκ νέου τη σελίδα των στατιστικών προεπιλέγεται το συγκεκριμένο διάστημα το οποίο φυσικά μπορεί να αλλάξει ο χρήστης. Επίσης, με την επιλογή των γευμάτων μέσω των κουμπιών που βρίσκονται κάτω από την πίτα ο χρήστης θα μπορέσει να δει και τα ιχνοστοιχεία με αριθμούς από τα φαγητά που καταναλώθηκαν στο συγκεκριμένο διάστημα, για την επιλεγόμενη ώρα-γεύμα. Για παράδειγμα, επειδή στο σενάριό μας έγινε καταγραφή μόνο ενός φαγητού τότε θα υπάρχουν μόνο σε μία από τις τρεις επιλογές πληροφορίες με ιχνοστοιχεία. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα έγινε καταγραφή φαγητού το μεσημέρι, άρα μόνο το μεσημεριανό θα περιέχει πληροφορίες για ιχνοστοιχεία του γεύματος ενώ οι άλλες δύο επιλογές θα παραμείνουν κενές, όπως φαίνεται και στις κάτω εικόνες (55-56-57).

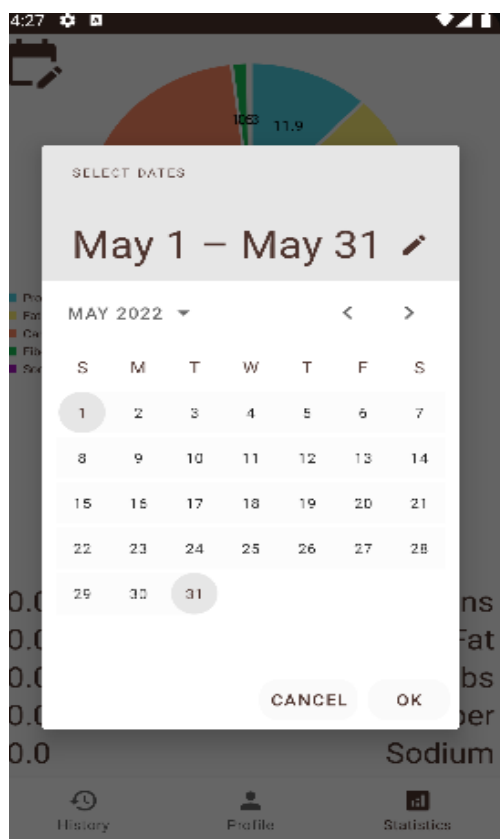


Εικόνα 55-56-57: Τα 3 γεύματα: Το μεσημεριανό έχει στοιχεία, ενώ τα άλλα δύο γεύματα όχι

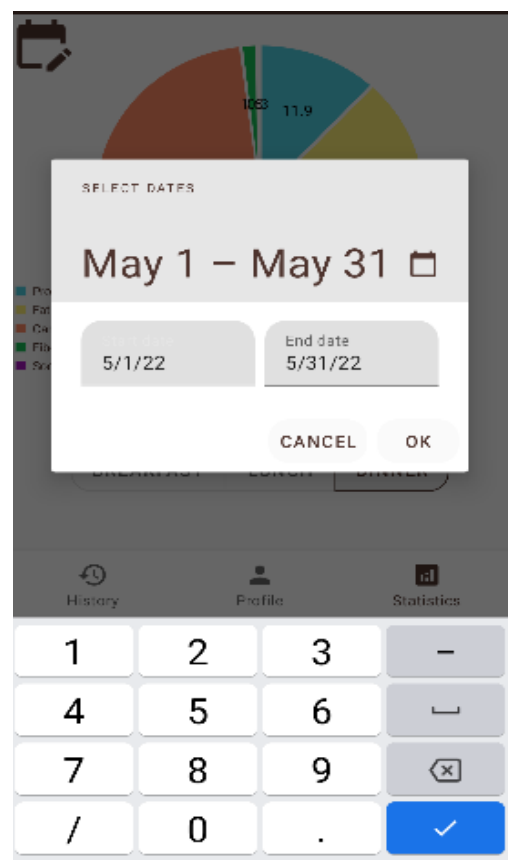
Στην παραπάνω εικόνα αξίζει να παρατηρήσουμε ότι η πίτα έχει τέσσερα χρώματα για τέσσερα ιχνοστοιχεία ενώ έπρεπε να έχει πέντε. Ο λόγος που γίνεται αυτό είναι επειδή το sodium (σόδιο) στο συγκεκριμένο παράδειγμα έχει πολύ μικρή τιμή για να λάβει κάποιο σημαντικό ποσοστό αναπαράστασης στην πίτα.

Ένα ακόμη σημαντικό στοιχείο για να παρουσιαστεί από τη σελίδα των στατιστικών είναι η επιλογή διαστήματος ημερομηνίας. Αυτό γίνεται με το εικονίδιο του ημερολογίου στο πάνω αριστερό μέρος της σελίδας. Με το κλικ σε αυτό ανοίγει

ένα παράθυρο διαλόγου επιλογής διαστήματος ημερομηνίας. Όπως προαναφέρθηκε αυτό ορίζεται ως προεπιλογή ως όλος ο παρών μήνας. Ωστόσο, ο χρήστης μπορεί να επιλέξει ό,τι θελήσει, ακόμη και αν αυτό το διάστημα είναι της μιας ημέρας. Αν δεν υπάρχουν στοιχεία για το συγκεκριμένο διάστημα τότε θα εμφανιστεί ένα αποτέλεσμα παρόμοιο με της πρώτης εικόνας του κεφαλαίου. Αν από την άλλη υπάρχουν, τότε θα σχηματιστεί η πίτα και θα συμπληρωθούν τα στοιχεία για τα γεύματα εκεί όπου ορίζονται. Παρακάτω παρουσιάζεται η εικόνα του ημερολογίου επιλογής διαστήματος. Η επιλογή αυτού μπορεί να γίνει είτε με κλικ στο επιθυμητό διάστημα (Εικόνα 58) είτε με εισαγωγή χειροκίνητα κάνοντας κλικ στο εικονίδιο μολυβιού πάνω δεξιά (Εικόνα 59), ενώ οι διαθέσιμες χρονικές τιμές προς επιλογή περιορίζονται στο συγκεκριμένο χρονολογικό έτος που βρίσκεται ο χρήστης.



Εικόνα 58: Επιλογή Ημερομηνίας Χειροκίνητα



Εικόνα 59: Επιλογή Ημερομηνίας με Εισαγωγή

6.5 Ιστορικό

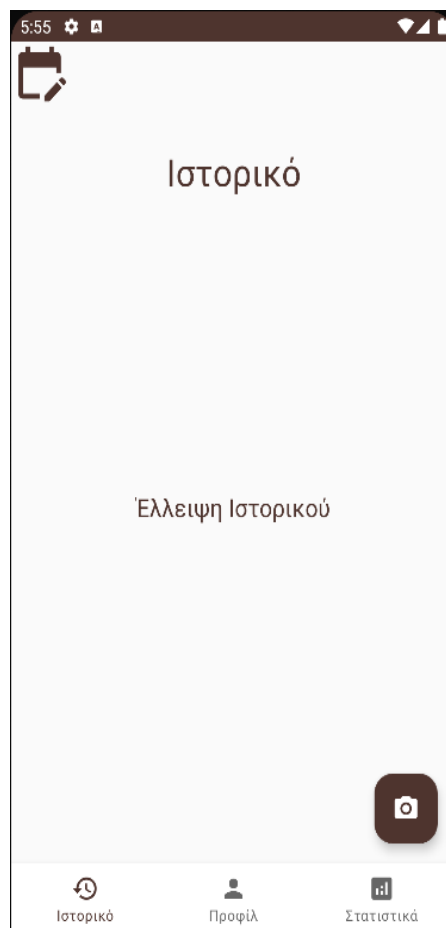
Ένα εξίσου σημαντικό κομμάτι της εφαρμογής που και θα παρουσιαστεί σε αυτό το κεφάλαιο είναι το κομμάτι του ιστορικού. Σε αυτό το τμήμα της εφαρμογής ο χρήστης μπορεί να δει τα γεύματα που έχει καταναλώσει, καθώς και πληροφορίες σχετικά με αυτά που αφορούν την ώρα, τα υλικά και το τι θεωρείται το γεύμα που κατανάλωσε (πρωινό, μεσημεριανό ή βραδινό): πράγμα χρήσιμο για να κατανοήσει

και τις συστάσεις που θα εξαχθούν ως αποτέλεσμα της κατανάλωσης των συγκεκριμένων φαγητών.

Αρχικά θα ξεκινήσουμε την ανάλυση με ένα σενάριο χρήσης όπως στα προηγούμενα κεφάλαια. Για να περιηγηθεί ο χρήστης στο ιστορικό πρέπει να κάνει κλικ στο αντίστοιχο κουμπί στον κάτω περιηγητή, από οποιαδήποτε σελίδα πέραν του ιστορικού.

Έπειτα, θα βρεθεί στην σελίδα αυτή. Υπάρχουν δύο περιπτώσεις για το τι θα του εμφανιστεί στην οθόνη. Αν δεν έχει χρησιμοποιήσει ξανά την εφαρμογή στο παρελθόν ή αν η

συγκεκριμένη ημερομηνία που έχει επιλεγεί δεν έχει δεδομένα για κάποιο γεύμα τότε θα εμφανιστεί στον χρήστη ένα μήνυμα που θα τον ενημερώνει για την έλλειψη ιστορικού, δηλαδή την έλλειψη κάποιου γεύματος ως απόρροια μη καταγραφής του (Εικόνα 60). Αξίζει σε αυτό το σημείο να υπογραμμιστεί πως για κάθε φορά που ανοίγεται η σελίδα του ιστορικού λαμβάνονται όλα τα γεύματα της τρέχουσας εβδομάδας ως προεπιλογή. Παρακάτω φαίνεται στην εικόνα πως απεικονίζεται το συγκεκριμένο μήνυμα.



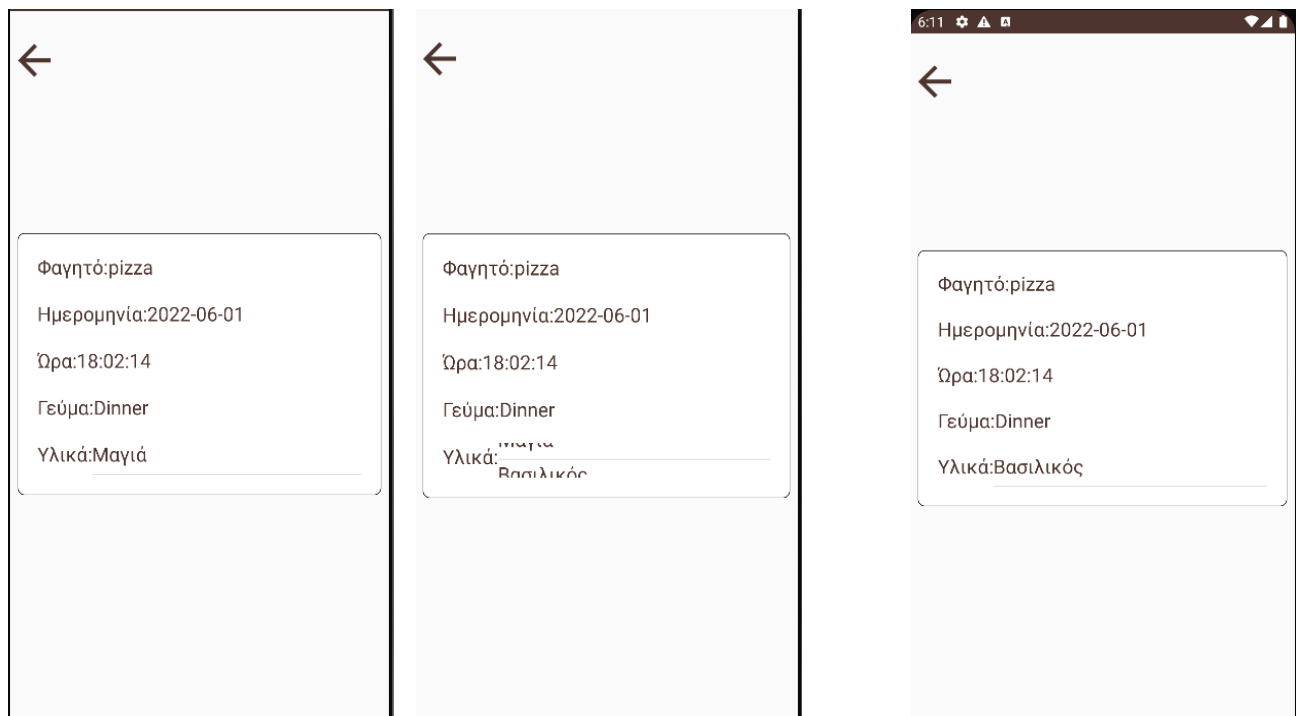
Εικόνα 60: Ιστορικό Δίχως Γεύματα

Ας υποθέσουμε ότι ο χρήστης καταγράφει ένα γεύμα με τη διαδικασία που περιγράφηκε στα προηγούμενα κεφάλαια. Αν μεταβεί στο ιστορικό, αυτό που θα αντικρίσει είναι το γεύμα το οποίο κατανάλωσε σε ένα μικρό πλαίσιο. Αυτό το πλαίσιο θα περιέχει την ημερομηνία κατανάλωσης του φαγητού καθώς και την ώρα κατανάλωσης όπως φαίνεται παρακάτω (Εικόνα 61).



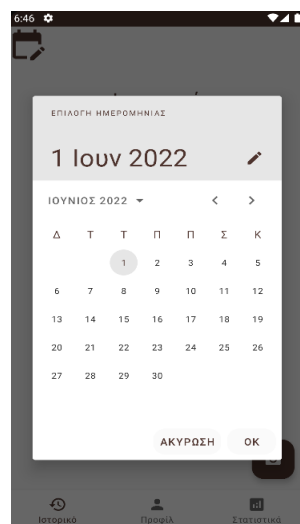
Εικόνα 61: Ιστορικό με Καταχώρηση

Αν ο χρήστης κάνει κλικ σε αυτό το πλαίσιο έχει πρόσβαση σε μία “κάρτα” (όπως αναλύθηκε στο κεφάλαιο 3) η οποία περιέχει περισσότερες πληροφορίες για το γεύμα που καταναλώθηκε πέραν από αυτές που ήδη γνώριζε όπως τα υλικά του φαγητού (τα οποία ο ίδιος έχει εγκρίνει μέσω της κάμερας) και την περίοδο κατανάλωσης του γεύματος: δηλαδή πρωινό, μεσημεριανό ή βραδινό. Οι συγκεκριμένες ώρες όπως προαναλύθηκε ποικίλουν από χρήστη σε χρήστη καθώς είναι ορισμένες αποκλειστικά από αυτούς. Όσον αφορά στα υλικά, παρουσιάζονται με την μορφή “κυλιόμενης” λίστας. Αναλυτικότερα, ενώ αρχικά φαίνεται μόνο ένα υλικό, με την κίνηση του χεριού του ο χρήστης μπορεί να μετακινήσει την λίστα προς τα πάνω και να φανερώσει και τα υπόλοιπα υλικά (παρόμοια διαδικασία με την λίστα συστάσεων σε προηγούμενο υπό-κεφάλαιο), όπως θα φανεί και στις παρακάτω εικόνες (62-63-64).



Εικόνα 62-63-64: Επίδειξη της κάρτας σε τρία στάδια: 1ο υλικό, μετάβαση προς 2ο υλικό και 2ο υλικό

Αν ο χρήστης δεν θέλει να δει τα φαγητά που κατανάλωσε σε μία εβδομάδα αλλά τα γεύματα μιας συγκεκριμένης ημέρας τότε μπορεί να κάνει κλικ στο εικονίδιο του ημερολογίου. Θα ανοίξει ένα παράθυρο διαλόγου επιλογής μιας ημερομηνίας, όπου ο χρήστης μπορεί να την επιλέξει με παρόμοιο τρόπο με την επιλογή διαστήματος ημερομηνίας που αναλύθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο (Εικόνα 65). Με το πέρας της επιλογής εμφανίζονται μόνο τα φαγητά που καταναλώθηκαν την συγκεκριμένη ημέρα.



Εικόνα 65: Επιλογή Ημερομηνίας

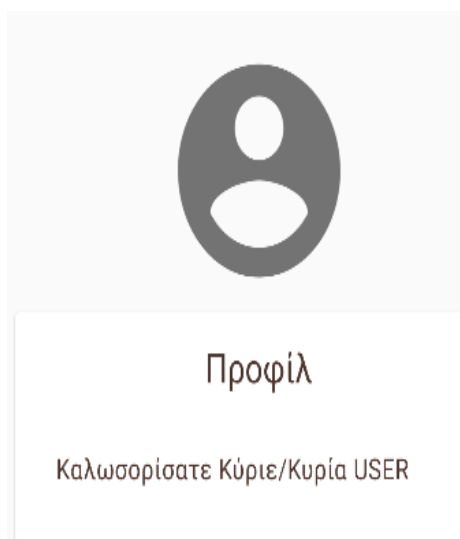
Τέλος, στο πάνω αριστερό μέρος όπως φαίνεται και στις παραπάνω εικόνες υπάρχει ένα βέλος το οποίο οδηγεί τον χρήστη πίσω στην σελίδα του ιστορικού, από

την οποία μπορεί να συνεχίσει την περιήγησή του στην εφαρμογή καθώς η συγκεκριμένα σελίδα με την κάρτα φαγητού είναι η μόνη στην εφαρμογή πλην της κάμερας που δεν διαθέτει την λειτουργία του κάτω περιηγητή.

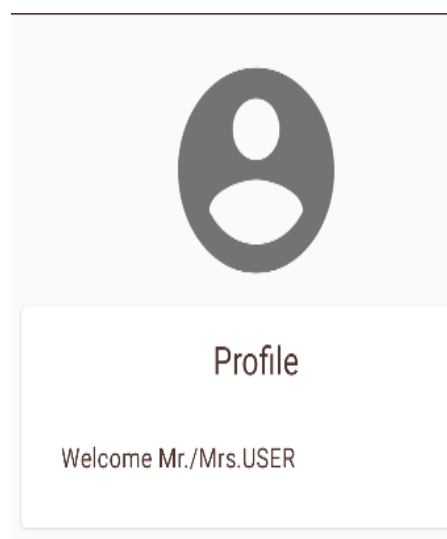
6.6 Λοιπές Λειτουργίες

Το τελευταίο υπό-κεφάλαιο είναι αφιερωμένο στην επίδειξη μερικών λοιπών λειτουργιών που λειτουργούν ως βοήθημα σε μια καλύτερη και πιο ευχάριστη εμπειρία για όλους τους χρήστες ανεξαρτήτου χαρακτηριστικών που τους προσδιορίζουν.

Αρχικά θα αναλυθεί η δυνατότητα αλλαγής γλώσσας. Αυτή την στιγμή στην εφαρμογή υποστηρίζεται η εναλλαγή μεταξύ ελληνικών και αγγλικών, πράγμα που σημαίνει ότι η εφαρμογή μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο από ομιλητές της ελληνικής γλώσσας και μη. Η εναλλαγή μεταξύ των γλωσσών γίνεται αυτόματα ανάλογα την γλώσσα συστήματος στην συσκευή του χρήστη. Για επίδειξη της συγκεκριμένης λειτουργίας παρουσιάζονται παρακάτω εικόνες στις οποίες στην μία περίπτωση γίνεται χρήση της εφαρμογής στα Ελληνικά και στην άλλη στα Αγγλικά (Εικόνα 66-67).



Εικόνα 66: Εφαρμογή στα Ελληνικά



Εικόνα 67: Εφαρμογή στα Αγγλικά

Ακόμη μια λειτουργία της εφαρμογής είναι αυτή της υποστήριξης ατόμων με προβλήματα στην όραση. Συγκεκριμένα, όλα τα μέρη της εφαρμογής είναι καταγεγραμμένα με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε ο Αφηγητής μιας συσκευής να μπορέσει να δείξει στον χρήστη τι βρίσκεται μπροστά του την συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Για παράδειγμα, αν κάνει κλικ σε ένα εικονίδιο του κάτω περιηγητή θα μπορέσει να ακούσει ότι έκανε κλικ το συγκεκριμένο εικονίδιο: πράγμα που είναι ιδιαίτερα χρήσιμο στην περιήγηση της συγκεκριμένης μερίδας χρηστών στην εφαρμογή. Αυτή η τεχνολογία προσφέρεται από τα κινητά με λογισμικό Android με την ονομασία TalkBack, και υποστηρίζεται πλήρως από την εφαρμογή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 Συμπεράσματα και Μελλοντικές Προεκτάσεις

Στην εποχή της τεχνολογικής ανέλιξης καρποφορούν ποικίλες εφαρμογές και νέοι μηχανισμοί που συνδράμουν στην βελτίωση της ποιότητας της ζωής των ατόμων καθημερινά. Η διαδικασία της παρακολούθησης είτε των ίδιων των ατόμων ή των συνηθειών τους πέρα από τα αρνητικά που είναι δυνατό να αντιμετωπιστούν προσέφεραν αδιαμφισβήτητα πλεονεκτήματα στην καθημερινότητά τους. Σε αυτή την φαρέτρα των χρήσιμων εργαλείων έρχεται να προστεθεί ακόμα ένας μηχανισμός που προτάθηκε σε αυτή την πτυχιακή. Ο “Ευφυής Μηχανισμός Διατροφικού Χρονοπρογραμματισμού και Εξαγωγής Συστάσεων” έχει την μορφή εφαρμογής κινητού τηλεφώνου, και με την αξιοποίηση τεχνικών μηχανικής μάθησης σε συνδυασμό με νέες τεχνολογίες διεπαφών προσφέρει στον χρήστη έναν “έξυπνο βοηθό” για την καταγραφή των διατροφικών του συνηθειών και την δημιουργία συστάσεων με βάση αυτών. Η διαφορά με τις άλλες εφαρμογές και λύσεις που κυκλοφορούν στην αγορά είναι πως η διαδικασία καταγραφής του γεύματος γίνεται κατά κόρον αυτόματα, καθιστώντας εύκολη την διαδικασία δημιουργίας καταλόγου των γευμάτων αυτών- αποτελώντας ένα πλεονέκτημα καθώς η εφαρμογή θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί με ευκολία από κάθε άτομο ανεξαρτήτου ηλικίας και τεχνολογικών γνώσεων.

Ο μηχανισμός που έχει υλοποιηθεί και παρουσιάζεται σε αυτήν την πτυχιακή είναι ελαστικός και επιδεκτικός σε νέες αλλαγές: οι οποίες επιβάλλεται και θα υπογραμμιστούν.

Αρχικά, για καλύτερη προσιτότητα προς άτομα άλλων χωρών η εφαρμογή δύναται να επεκταθεί γλωσσικά και σε άλλες γλώσσες πέραν των Ελληνικών και Αγγλικών. Η υλοποίηση της εφαρμογής έχει γίνει με τέτοιο τρόπο που η μετάφρασή της, με την συνδρομή κάποιου γνώστη της γλώσσας, να είναι εύκολη διαδικασία.

Επιπρόσθετα, σε μια μελλοντική μείζων ενημέρωση θα καθίσταντο δυνατή η προσθήκη νέων φαγητών προς αναγνώριση, αλλά και η βελτίωση της ακρίβειας του ίδιου του μοντέλου: βελτιώνοντας έτσι την γενική ποιότητα της εφαρμογής, και μετατρέποντάς την σε μια πιο αυτόματη μορφή καθώς ο χρήστης θα αλληλεπιδρά μαζί της όσο το δυνατόν λιγότερο για να πετύχει την εισαγωγή γευμάτων.

Μια ακόμη σημαντική προσθήκη που θα μπορούσε να γίνει είναι η προσθήκη περισσότερων λεπτομερειών στο μέρος της στατιστικής. Σε αυτή την έκδοση (1.0) η εφαρμογή υποστηρίζει τα ιχνοστοιχεία που αναφέρθηκαν σε προηγούμενο κεφάλαιο, όντας τα πιο σημαντικά. Για μια πιο αναλυτική και ενδελεχής ανάλυση των διατροφικών συνηθειών του ατόμου, η προσθήκη στοιχείων όπως βιταμίνες, ασβέστιο κτλ. θα αποτελούσε έναν ακόμα δείκτη βελτίωσης της ακρίβειας της εφαρμογής, καθώς θα υπήρχε βελτίωση των συστάσεων προς τον χρήστη.

Μια τελευταία αλλά εξίσου σημαντική προσθήκη που θα μπορούσε να γίνει είναι η διασύνδεση της εφαρμογής είτε με άλλες εφαρμογές και συσκευές (πχ. Έξυπνα ρολόγια) είτε σε κάποια κεντρική βάση που θα φιλοξενείται σε έναν σέρβερ-διακομιστή. Η συγκεκριμένη αλλαγή θα μπορέσει να διασυνδέσει τα στοιχεία των χρηστών μεταξύ τους, γεννώντας νέες δυνατότητες. Για παράδειγμα, θα μπορούσε ένας χρήστης να προσθέσει έναν άλλον ως “φίλο”, ο οποίος θα λειτουργεί ως ώθηση στον ίδιο τον χρήστη να ακολουθήσει σωστά τις συστάσεις που του προσφέρονται και να χρησιμοποιεί καθημερινά την εφαρμογή. Ένα άλλο παράδειγμα και πλεονέκτημα αυτής της ενημέρωσης θα μπορούσε να είναι η εξαγωγή μαζικών μετρικών μεταξύ

όλων των χρηστών: όπως ένας μέσος όρος κατανάλωσης λίπους που καταναλώνεται καθημερινά. Αυτή η μετρική δεν θα μπορούσε μόνο να βοηθήσει τους χρήστες στο να γνωρίζουν αν έχουν πρόοδο αλλά και τους ίδιους τους διαχειριστές της εφαρμογής, καθώς θα μπορούσε μέσω αυτών να υπάρξει βελτίωση σε σημεία της εφαρμογής που την επιδέχονται.

Γενικότερα, όπως προαναφέραμε, η εφαρμογή είναι στην αρχική της μορφή και είναι σχεδιασμένη στο να επιδέχεται ποικίλες αλλαγές και βελτιώσεις, ώστε να προσαρμόζεται με όλα τα νέα δεδομένα και εξελίξεις στον χώρο της τεχνολογίας αλλά και της διατροφολογίας.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Kaiming He, Xiangyu Zhang, Shaoqing Ren, Jian Sun (2015), Deep Residual Learning for Image Recognition

Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods (2018), Digital Image Processing

Ethem Alpaydın (2010), Introduction to Machine Learning

Andries P. Engelbrecht, Computational Intelligence An Introduction

Tom M. Mitchell (1997), Machine Learning

Wikipedia, Model–view–viewmodel,
<https://en.wikipedia.org/wiki/Model%E2%80%93view%E2%80%93viewmodel>

Wikipedia, Machine learning, https://en.wikipedia.org/wiki/Machine_learning

User Interface (UI) Definition,
<https://www.techtarget.com/searchapparchitecture/definition/user-interface-UI>

Human Interface Guidelines, <https://developer.apple.com/design/human-interface-guidelines/platforms/designing-for-ios/>

Material Design, <https://material.io/design/introduction#components>

Future of UI Design, <https://www.yellowslice.in/bed/future-of-ui-design/>

History of Smartphones, <https://www.digitalspy.com/tech/apple/g24711/apple-iphone-in-pictures-through-the-years/>

Wikipedia, Rule-Based System, https://en.wikipedia.org/wiki/Rule-based_system

Wikipedia, Expert System, https://en.wikipedia.org/wiki/Expert_system

Franz J. Kurfess, Artificial Intelligence (2003),
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B0122274105000272>

Rule-Based System Glossary, <https://www.engati.com/glossary/rule-based-system>

Expert Systems in AI, <https://omnilegion.com/expert-systems-in-artificial-intelligence-ai/>

Advantages and Disadvantages of Expert Systems,
<https://www.ilearnlot.com/expert-system-advantages-disadvantages/34332/>

What is a Rule Engine, <http://www.mastertheboss.com/bpm/drools/what-is-a-rule-engine/>

When not to use a Rule Engine, <https://www.studytonight.com/drools/not-use-rule-engine>

In-Rules-Engine, <https://github.com/InSourceSoftware/in-rules-engine>

Drools, <https://www.drools.org/>

OpenRules, <https://openrules.com/>

Easy-Rules, <https://github.com/j-easy/easy-rules>

Evolution of Mobile Apps, <https://www.techaheadcorp.com/blog/infographic-evolution-of-mobile-apps/>

Kotlin, <https://kotlinlang.org/>

Swift, <https://developer.apple.com/swift/>

Drools, <https://www.drools.org/>

OpenRules, <https://openrules.com/>

EasyRules, <https://github.com/j-easy/easy-rules>

InRules, <https://github.com/InSourceSoftware/in-rules-engine>

PostgreSQL, <https://www.postgresql.org/>

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

Oracle Database, <https://docs.oracle.com/en/database/oracle/oracle-database/index.html>

SQLite, <https://www.sqlite.org/index.html>

National Institute of Aging, <https://www.nia.nih.gov/>

U.S. Department of Agriculture, <https://www.usda.gov/>