



Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών

ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ
ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

**Σχεδιασμός, Υλοποίηση και Αξιολόγηση Συστήματος
Διατροφικών Προτάσεων**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Απόστολος Μ. Στεργίου

Επιβλέπων : Γρηγόριος Μέντζας

Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Οκτώβριος 2015



Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών

ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

Σχεδιασμός, Υλοποίηση και Αξιολόγηση Συστήματος Διατροφικών Προτάσεων

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Απόστολος Μ. Στεργίου

Επιβλέπων : Γρηγόριος Μέντζας

Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 14^η Οκτωβρίου 2015.

.....

Δημήτριος Ασκούνης

Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....

Γρηγόριος Μέντζας

Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....

Ιωάννης Ψαρράς

Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Οκτώβριος 2015

.....
Απόστολος Μ. Στεργίου

Διπλωματούχος
Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © Απόστολος Στεργίου, 2015.
Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

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

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Πολλές σύγχρονες μελέτες αποδεικνύουν ότι ο τρόπος ζωής τα τελευταία χρόνια έχει διαφοροποιηθεί αρκετά. Το γεγονός αυτό έχει σημαντικές επιπτώσεις στη νοητική, ψυχική και σωματική μας υγεία, με έναν από τους κύριους παράγοντες αυτής της διαφοροποίησης να είναι η διατροφή, η οποία στηρίζεται όλο και περισσότερο πλέον σε έτοιμα, γρήγορα γεύματα, καθώς και το γεγονός ότι η καθημερινή πρόσληψη των απαραίτητων θρεπτικών συστατικών, τα οποία μπορούν να συμβάλουν στη διατήρηση της υγείας σε καλά επίπεδα, ακολουθεί φθίνουσα πορεία και στηρίζεται πλέον όλο και περισσότερο σε συμπληρώματα διατροφής. Σε αυτή τη διπλωματική εργασία, παρουσιάζεται ένα εξατομικευμένο σύστημα διατροφικών προτάσεων. Το σύστημα έχει αναπτυχθεί στην πλατφόρμα play2.x και είναι σε θέση να προσφέρει συστάσεις πιάτων στους χρήστες βασιζόμενο στις γευστικές προτιμήσεις τους και τις ιδιαίτερες ανάγκες τους σε θρεπτικά συστατικά με βάση την κατάσταση της υγείας τους. Βασικά θέματα που προκύπτουν είναι η μοντελοποίηση του χρήστη για τη δημιουργία των διατροφικών προφίλ και η μοντελοποίηση των πιάτων με βάση τα επιμέρους συστατικά τους.

ΛΕΞΕΙΣ – ΚΛΕΙΔΙΑ

σύστημα διατροφικών προτάσεων, συστάσεις πιάτων, play framework

ABSTRACT

Many recent studies show that lifestyle in recent years has diversified considerably. This has important implications for our mental, psychological and physical health. One of the main factors for this difference is diet, which relies increasingly on quick meals as well as the fact that our daily intake of essential nutrients that can help maintain health in good shape, is declining and now relies increasingly on food supplements. In this thesis a personalized nutrition recommender system is presented. The system has been created in play2.x framework and is able to provide dish recommendations to users based on their food preferences and their individual nutritional needs. Some key issues arising are the user's modeling for the creation of nutritional profiles and the modeling of the dishes in regard to their individual ingredients.

KEYWORDS

nutrition recommender system, dish recommendations, play framework

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε κατά το ακαδημαϊκό έτος 2014-2015 στη Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Γ. Μέντζα που μου έδωσε την ευκαιρία να ασχοληθώ με ένα πολύ ενδιαφέρον θέμα καθώς και για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε κατά τη διάρκεια εκπόνησής της διπλωματικής εργασίας.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τον κ. Ευθύμιο Μπόθο για την υπόδειξη του θέματος, την πολύτιμη βοήθειά του καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας και το πραγματικό ενδιαφέρον του σε όλη τη διάρκεια ολοκλήρωσής της.

Τέλος, η διπλωματική αυτή εργασία είναι αφιερωμένη στους γονείς μου Μιχάλη και Βάσω, την αδερφή μου Βίβιαν και τη σύντροφό μου Μαρία για την στήριξη που μου παρείχαν όλο αυτό το διάστημα. Χωρίς την αγάπη τους τίποτα δεν θα ήταν το ίδιο.

1	Εισαγωγή.....	17
1.1	Το πρόβλημα.....	17
1.2	Τεχνολογική προσέγγιση.....	18
1.3	Στόχος διπλωματικής εργασίας.....	19
1.4	Οργάνωση κειμένου.....	20
2	Συστήματα προτάσεων	21
2.1	Γενικά.....	21
2.1.1	Ταξινόμηση των συστημάτων προτάσεων.....	23
2.1.2	Αξιολόγηση Συστημάτων Προτάσεων.....	27
2.2	Συστήματα διατροφικών προτάσεων	28
2.3	Αναζήτηση και επεξεργασία πληροφοριών.....	28
2.3.1	Χαρακτηριστικά χρήστη.....	29
2.3.2	Χαρακτηριστικά πιάτου.....	29
2.3.3	Διαδικασία λήψης αποφάσεων.....	29
2.4	Σχετικές εργασίες.....	30
3	Προτεινόμενη προσέγγιση.....	33
3.1	Εισαγωγή.....	33
3.2	Λογική για προσδιορισμό των προτάσεων.....	33
3.3	Προφίλ χρήστη.....	35
3.4	Προφίλ πιάτου.....	36
3.5	Επαγωγικοί κανόνες.....	37
3.6	Αλγόριθμος υπολογισμού προτιμήσεων.....	38
4	Υλοποίηση συστήματος.....	42
4.1	Γενικά.....	43
4.2	Business logic	45
4.2.1	Play Framework.....	45
4.2.2	Οι υλοποιημένες κλάσεις.....	46
4.3	Σύστημα κανόνων.....	48
4.3.1	Εισαγωγή.....	48
4.3.2	Οι υλοποιημένοι κανόνες.....	49
4.3.3	Σύννοχη	54
4.4	Η βάση δεδομένων	54
4.5	Διεπαφή χρήστη.....	55
4.5.1	Πρωτόκολλο επικοινωνίας.....	56
4.5.2	Ροή ανάκτησης και επεξεργασίας πληροφορίας.....	57
4.5.3	Οθόνες συστήματος.....	58
5	Αξιολόγηση του συστήματος	62
5.1	Εισαγωγή.....	62
5.2	Διαδικασία αξιολόγησης.....	63
5.3	Ανάλυση αποτελεσμάτων αξιολόγησης.....	66
5.3.1	Παρουσίαση αποτελεσμάτων.....	67
5.3.2	Τελικά συμπεράσματα.....	72

6 Επίλογος.....	73
6.1 Σύνοψη και συμπεράσματα.....	73
6.2 Προτάσεις για μικρές βελτιώσεις.....	74
6.3 Μελλοντικές επεκτάσεις	75
Βιβλιογραφία.....	77
Παράρτημα Α.....	81
Παράρτημα Β.....	85

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

<i>Σχήμα 1 - Ταξινόμηση συστημάτων προτάσεων (Πηγή: (21)).....</i>	<i>23</i>
<i>Σχήμα 2 – Προτάσεις πιάτων με βάση το περιεχόμενο</i>	<i>34</i>
<i>Σχήμα 3 – Η διαδικασία πρόβλεψης της βαθμολογίας ενός πιάτου περνάει από δύο φάσεις. ...</i>	<i>34</i>
<i>Σχήμα 4 - Διάγραμμα ροής υπολογισμού προτιμήσεων.....</i>	<i>38</i>
<i>Σχήμα 5 – Η διαδικασία πρότασης πιάτων.....</i>	<i>39</i>
<i>Σχήμα 6 – Η βαθμολόγηση δύο πιάτων από το χρήστη και η βαθμολόγηση των επιμέρους συστατικών από τον αλγόριθμο, στην περίπτωση που τα συστατικά δεν έχουν ξαναβαθμολογηθεί στο παρελθόν από τον συγκεκριμένο χρήστη</i>	<i>41</i>
<i>Σχήμα 7 – Η αρχιτεκτονική του ΔΙΣΥΣ (πηγή: (39))</i>	<i>43</i>
<i>Σχήμα 8 – Γενική περιγραφή συστήματος</i>	<i>44</i>
<i>Σχήμα 9 – Γενική περιγραφή συστήματος (Πηγή: (42)).....</i>	<i>46</i>
<i>Σχήμα 10 – Το σύστημα Drools</i>	<i>48</i>
<i>Σχήμα 11 – Data model της βάσης δεδομένων</i>	<i>55</i>
<i>Σχήμα 12 – Διάγραμμα περιπτώσεων χρήσης διεπαφής</i>	<i>56</i>
<i>Σχήμα 13 – Ροή της πληροφορίας στο σύστημα</i>	<i>58</i>
<i>Σχήμα 14 – Ακολουθιακό διάγραμμα συστήματος</i>	<i>58</i>
<i>Σχήμα 15 – Ερώτηση 1: Τα πιάτα που προτάθηκαν στο βήμα 3, ταιριάζουν με τις προτιμήσεις μου.....</i>	<i>67</i>
<i>Σχήμα 16 – Ερώτηση 2: Οι συστάσεις των φίλων μου θα ήταν πιο εύστοχες σχετικά με τις προτιμήσεις μου σε πιάτα, από ότι οι προτάσεις του συγκεκριμένου αλγορίθμου.</i>	<i>67</i>
<i>Σχήμα 17 – Ερώτηση 3: Δεν έχω δοκιμάσει τα πιάτα που μου πρότεινε ο αλγόριθμος.</i>	<i>68</i>

Σχήμα 18 – Ερώτηση 5: Η ποικιλία των προτεινόμενων πιάτων ήταν ικανοποιητική.	68
Σχήμα 19 – Ερώτηση 6: Οι προτάσεις που παρουσιάστηκαν, έλαβαν υπόψιν τις προτιμήσεις μου.....	69
Σχήμα 20 – Ερώτηση 7: Ήταν εύκολο να βαθμολογήσω τα πιάτα που μου παρουσιάστηκαν. ..	70
Σχήμα 21 – Ερώτηση 8: Κατάφερα με σχετική άνεση να χρησιμοποιήσω το σύστημα.	70
Σχήμα 22 – Ερώτηση 9: Θα με ενδιέφερε να έχω διαθέσιμη μια εφαρμογή η οποία θα με βοηθά να αξιολογήσω τα προσφερόμενα γεύματα των εστιατορίων.	71
Σχήμα 23 – Ερώτηση 10: Αν υπάρξει μελλοντικά ένα σύστημα διατροφικών προτάσεων που θα χρησιμοποιεί αυτόν τον αλγόριθμο προτάσεων, θα το χρησιμοποιώ ως βοήθημα για την επιλογή πιάτων σε εστιατόρια.	71

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1 – Σύστημα Προτάσεων.....	23
Εικόνα 2 - Αλγόριθμος K-πλησιέστερων γειτόνων με βάση τους χρήστες (Πηγή: (27))	25
Εικόνα 3 - Αλγόριθμος K-πλησιέστερων γειτόνων με βάση το αντικείμενο (Πηγή: (27)).....	25
Εικόνα 4 – Model-View-Controller (Πηγή: (42))	44
Εικόνα 5 – HTTP Request path (Πηγή: (42))	57
Εικόνα 6 – Εισαγωγή στο σύστημα.....	59
Εικόνα 7– Τα 10 πιάτα προς βαθμολόγηση	59
Εικόνα 8 – Ο χρήστης βαθμολογεί τα πιάτα και επιλέγει next	60
Εικόνα 9 – Τα πιάτα που επέλεξε ο αλγόριθμος να προτείνει στον συγκεκριμένο χρήστη	60
Εικόνα 10 – Ο χρήστης βαθμολογεί τα πιάτα που του συστήθηκαν	61
Εικόνα 11 – Ο χρήστης δημιουργεί το προφίλ του στο σύστημα, εισάγοντας προσωπικές πληροφορίες όπως φύλο, βάρος, ασθένειες που μπορεί να έχει και φαγητά που δεν του αρέσουν.	63
Εικόνα 12 – Ο χρήστης βαθμολογεί τα ενδεικτικά πιάτα που επιλέγει ο αλγόριθμος ανάλογα με τη βάση δεδομένων που έχει. Έτσι, το σύστημα μαθαίνει τις προτιμήσεις του χρήστη σε συγκεκριμένα πιάτα και κατ' επέκταση σε συστατικά.	64
Εικόνα 13 – Στο βήμα 3, οι χρήστες μπορούν να βαθμολογήσουν τα πιάτα που τους προτείνει το σύστημα, βαθμολογώντας ουσιαστικά έτσι τις προτάσεις που τους έγιναν. Οι βαθμολογήσεις αυτές λειτουργούν σαν επανατροφοδότηση για μελλοντικές προτάσεις, αλλά μπορούν να χρησιμοποιηθούν και στα πλαίσια μίας εκτενέστερης αξιολόγησης σε μία πιθανή επέκταση του συστήματος.	64

<i>Εικόνα 14 – Ο χρήστης ολοκληρώνει τη διαδικασία της αξιολόγησης πατώντας “Finish” και συμπληρώνοντας το ερωτηματολόγιο που εμφανίζεται.</i>	<i>65</i>
<i>Εικόνα 15 – Το ερωτηματολόγιο που εμφανίζεται στους χρήστες, αφού πάρουν τις διατροφικές προτάσεις από το σύστημα.</i>	<i>65</i>

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

<i>Πίνακας 1 - Τεχνικές Συστημάτων Προτάσεων (29).....</i>	<i>26</i>
<i>Πίνακας 2 - user_ratings</i>	<i>85</i>
<i>Πίνακας 3 – user.....</i>	<i>85</i>
<i>Πίνακας 4 – dish.....</i>	<i>85</i>
<i>Πίνακας 5 – ingredient</i>	<i>86</i>
<i>Πίνακας 6 – Joinuseringredientrating</i>	<i>88</i>
<i>Πίνακας 7 – Joinusermedicalcondition</i>	<i>88</i>
<i>Πίνακας 8 – Joindishingredient</i>	<i>88</i>
<i>Πίνακας 9 – Joinuserdish</i>	<i>89</i>
<i>Πίνακας 10 – Joinusermedicalcondition</i>	<i>89</i>
<i>Πίνακας 11 – Medicalcondition.....</i>	<i>89</i>
<i>Πίνακας 12 – Nutritionalpreferences</i>	<i>89</i>

1

Εισαγωγή

Οι διατροφικές συνήθειες των ανθρώπων έχουν αλλάξει δραματικά τα τελευταία χρόνια και αυτό έχει ως αποτέλεσμα η καθημερινή πρόσληψη των απαραίτητων θρεπτικών συστατικών να μην είναι δυνατό να βασιστεί σε παραδοσιακές λύσεις και δίαιτες που ακολουθούσαν παλαιότερες γενιές (1). Η διατροφή αποτελεί σημαντικό παράγοντα υγείας και για αυτό πολλά γίνονται τελευταία ώστε οι διατροφικές συνήθειες των ανθρώπων να προσαρμοστούν ομαλά στην νέα πραγματικότητα (2) (3). Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται το πρόβλημα της επιλογής υγιεινών πιάτων στη σύγχρονη ζωή και εξηγείται πώς τα συστήματα διατροφικών προτάσεων μπορούν να συμβάλλουν στην επίλυση του προβλήματος. Στο τέλος του κεφαλαίου αναλύεται ο στόχος της παρούσης διπλωματικής εργασίας και παρουσιάζεται η οργάνωση του κειμένου.

1.1 Το πρόβλημα

Οι εκτιμήσεις είναι ιδιαίτερα δυσοίωνες και ανησυχητικές, καθώς υπολογίζεται ότι ο αριθμός των υπέρβαρων και παχύσαρκων θα αυξηθεί δραματικά (4). Παγκοσμίως ο ρυθμός αύξησης της παχυσαρκίας έχει διπλασιαστεί από το 1980, έτσι 200 εκατομμύρια άντρες και 300 εκατομμύρια γυναίκες να είναι παχύσαρκοι σήμερα (5). Επίσης, τα ποσοστά παχυσαρκίας αυξάνονται σταθερά και στα παιδιά. Το 2010, 43 εκατομμύρια παιδιά ήταν παχύσαρκα ή υπέρβαρα, μία αύξηση της τάξης του 60% σε σχέση με τα ποσοστά του 1990 (6). Σε αυτά τα πλαίσια έχει αρχίσει να γίνεται προσπάθεια ευαισθητοποίησης των πολιτών σε θέματα υγιεινής διατροφής, και διατροφικής αξιολόγησης των τροφίμων, είτε άμεσης, μέσω του εργαστηριακού προσδιορισμού των στοιχείων τους, είτε έμμεσης, με τον προσδιορισμό της διατροφικής αξίας να βασίζεται στην υπάρχουσα βιβλιογραφία και σε ηλεκτρονικές βάσεις δεδομένων. Κρίνεται λοιπόν απαραίτητη η διατροφική πληροφόρηση του καταναλωτικού κοινού έτσι ώστε να υπάρχει η δυνατότητα σωστής αξιολόγησης των διατροφικών επιλογών και η στροφή προς περισσότερο θρεπτικά και υγιεινά τρόφιμα.

Η εφαρμογή της τεχνολογίας των συστημάτων προτάσεων για παραγωγή διατροφικών συστάσεων είναι μία σύνθετη διαδικασία, αλλά η ανάγκη για τέτοια συστήματα που θα βοηθούν τους χρήστες να επιλέγουν υγιεινά πιάτα ποτέ δεν ήταν τόσο επιτακτική, καθώς ο παγκόσμιος οργανισμός υγείας προβλέπει ότι ο αριθμός των παχύσαρκων ενηλίκων θα φτάσει τα 2.3 δισεκατομμύρια το 2015 (7). Η παχυσαρκία συχνά οδηγεί σε άλλες σοβαρότερες ασθένειες (8).

Οι επαγγελματίες διατροφολόγοι αξιοποιούν ένα εύρος μεθόδων και εργαλείων για να καθορίσουν τις προτάσεις τους για πρόσληψη θρεπτικών συστατικών. Αυτές οι μέθοδοι περιλαμβάνουν ημερολόγια πιάτων και ερωτηματολόγια όπου ο χρήστης σημειώνει πόσο συχνά καταναλώνει κάθε φαγητό. Αυτές οι προσεγγίσεις βασίζονται στην ικανότητα του χρήστη να θυμάται τι έφαγε. Η αξιοπιστία αυτών των μεθόδων αμφισβητείται πλέον ανοικτά (9). Επιπλέον, λόγω του συνεχούς αυξανόμενου ενδιαφέροντος για τη διατροφή, οι

διαδικτυακές πλατφόρμες που προσφέρουν δυνατότητα ελέγχου της κατανάλωσης φαγητού κατέχουν ένα τεράστιο όγκο πληροφοριών με προτιμήσεις των χρηστών σε πιάτα. Αυτές οι πληροφορίες μπορούν να αξιοποιηθούν για να ευαισθητοποιήσουν περισσότερο το χρήστη για τη διατροφή του.

Οι φορείς υγείας έχουν στραφεί στην ενημέρωση των καταναλωτών χρησιμοποιώντας τη διατροφική ανάλυση των μενού εστιατορίων αλλά και αλυσίδων fast food, ενώ το “calorie posting”, δηλαδή η επισήμανση της περιεκτικότητας σε θερμίδες των τροφίμων των καταλόγων στους πίνακες με το μενού έχει αρχίσει δειλά να χρησιμοποιείται και στην Ελλάδα, όπου η διατροφική ανάλυση στα εστιατόρια δεν είναι ακόμα υποχρεωτική. Πολλές από τις αλυσίδες εστιατορίων στο εξωτερικό μάλιστα έχουν αρχίσει να παρέχουν τις αντιστοιχίες σε ισοδύναμα διαβητικών, καθώς και την πρόταση γευμάτων ως “διαίτης”, τα οποία περιέχουν μειωμένες θερμίδες και απευθύνονται σε πελάτες που επιθυμούν την κατανάλωση πιο “ελαφρών” γευμάτων (10).

Και οι ίδιοι οι καταναλωτές από την άλλη πλευρά βάσει ερευνών που έχουν διεξαχθεί, υποεκτιμούν το θερμιδικό περιεχόμενο των γευμάτων τους και υπερεκτιμούν τη θρεπτική τους αξία, ενώ όταν τους δίνονται πληροφορίες για τις θερμίδες και τα θρεπτικά συστατικά των γευμάτων, οι καταναλωτές τείνουν να προτιμούν τις πιο υγιεινές επιλογές.

Επιπρόσθετα, βάσει άλλων μελετών, πολλοί ενήλικες έχουν αρχίσει να χρησιμοποιούν τους διατροφικούς πίνακες στα συσκευασμένα τρόφιμα, και να επηρεάζονται από τις διατροφικές πληροφορίες κατά τη διάρκεια των αγορών τους, δείχνοντας μικρότερη προτίμηση στα γεύματα με υψηλή θερμιδική αξία. Τέλος, πληθώρα καταναλωτών, ιδίως στο εξωτερικό, υποστηρίζουν ένθερμα την ενέργεια των εστιατορίων για παροχή διατροφικής ανάλυσης του μενού τους (11).

Η ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας ανάκτησης πληροφοριών και η ευρεία υιοθέτησή της σε διάφορους επιστημονικούς κλάδους, έχει οδηγήσει σε μια έκρηξη στη διαθεσιμότητα πληροφοριών. Την ίδια στιγμή όμως, η αυξημένη αυτή διαθεσιμότητα των πληροφοριών, μπορεί να οδηγήσει σε «υπερφόρτωση πληροφορίας» (information overload). Επιπλέον, αυτές οι πληροφορίες συχνά παρουσιάζονται σε μορφές που δεν ταιριάζουν με τον τρόπο που οι χρήστες αναζητούν πληροφορίες (12). Έτσι, οι χρήστες όλο και περισσότερο, περιμένουν πραγματικά εξατομικευμένες πληροφορίες και προσφορές (13).

Συνοψίζοντας, το παγκόσμιο πρόβλημα της παχυσαρκίας και των ασθενειών που τη συνοδεύουν εντείνεται συνεχώς, σε μία εποχή μάλιστα που ο άνθρωπος έχει πρόσβαση σε πληθώρα πληροφοριών. Πληροφορίες όμως που δεν είναι σε κατάλληλη μορφή ώστε να τις αξιοποιήσει. Κρίνεται λοιπόν, επιτακτική η ανάγκη της ύπαρξης συστημάτων που θα παρέχουν εξατομικευμένη πληροφόρηση σε θέματα διατροφής και υγείας.

1.2 Τεχνολογική προσέγγιση

Τα συστήματα προτάσεων αποτελούν πολυδύναμα εργαλεία τα οποία προσφέρουν φιλτραρισμένη πληροφορία στους χρήστες γύρω από ένα ζήτημα που τους ενδιαφέρει, αποσκοπούν στην ανίχνευση των προτιμήσεων και επιθυμιών των καταναλωτών-χρηστών και βάσει αυτών προτείνουν προϊόντα ή υπηρεσίες. Τα συστήματα αυτά μπορούν να προτείνουν ταινίες, βίντεο, μουσική, εικόνες ή και καταναλωτικά αγαθά με βάση τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του χρήστη και όχι μόνο. Στόχος τους είναι, οι χρήστες που δεν έχουν ιδιαίτερη γνώση για να αποτιμήσουν το ποιες πληροφορίες είναι αυτές που ταιριάζουν καλύτερα στα χαρακτηριστικά τους να μπορούν να έχουν πρόσβαση στις πληροφορίες που ταιριάζουν περισσότερο στις προτιμήσεις τους. Η βασική επεξεργασία που γίνεται από τα

συστήματα αυτά είναι η πρόβλεψη του πόσο ταιριάζει μια πληροφορία με το προφίλ ενός χρήστη.

Η τεχνολογία των συστημάτων προτάσεων έχει αναπτυχθεί σε τέτοιο βαθμό, ώστε αυτά να μπορούν να απλοποιούν τη διαδικασία λήψης αποφάσεων, προσδιορίζοντας εναλλακτικές λύσεις σε συγκεκριμένες ανάγκες ή επιθυμίες και παρέχοντας τις διαθέσιμες πληροφορίες με ένα εξαιρετικά εξατομικευμένο τρόπο (14). Αν και σε ορισμένες κατηγορίες προϊόντων (ταινίες, βιβλία, κ.λπ.), έχουν εφαρμοστεί εξελιγμένα συστήματα προτάσεων, τους λείπουν ακόμα ζωτικής σημασίας στοιχεία για να μπορέσουν να φθάσουν ή ακόμη και υπερβούν την ποιότητα των ανθρώπινων προτάσεων (15). Για να μπορέσουν να εξελιχθούν σε πιο χρήσιμα και επιτυχημένα εργαλεία κατά τη διαδικασία λήψης αποφάσεων, τα συστήματα προτάσεων θα πρέπει να γίνουν πραγματικά ανθρωποκεντρικά στο σχεδιασμό και τη λειτουργία τους. Για να επιτευχθεί αυτή η ανθρωποκεντρική σχεδίαση, απαιτείται περισσότερη έρευνα βασισμένη σε μεγάλης κλίμακας δεδομένα συμπεριφορών.

Τα συστήματα προτάσεων ενσωματώνουν συντελεστές ανάκτησης δεδομένων, που επιδιώκουν την εύρεση προϊόντων και υπηρεσιών που ταιριάζουν με τις προδιαγραφές του χρήστη. Οι χρήστες όμως δεν είναι πάντα σε θέση να προσδιορίσουν άμεσα τις προτιμήσεις τους και έτσι τα συστήματα προτάσεων πρέπει να κάνουν ένα διάλογο με τους χρήστες, παρόμοιο της αλληλεπίδρασης του χρήστη μ' ένα σύμβουλο (16). Για να επιτευχθεί αυτός ο σκοπός, τα συστήματα προτάσεων πρέπει να ενσωματώσουν:

- το βαθμό ικανοποίησης του χρήστη, σε σχέση με τον όγκο πληροφορίας που του παρέχεται
- την ικανότητα να παράγουν μηνύματα, ανάλογα με όσα απαντάει ο χρήστης και
- την ανά περίπτωση ιεραρχία σπουδαιότητας των παροχών και των χαρακτηριστικών των προϊόντων που ζητούνται.

Ενσωματώνοντας τα παραπάνω χαρακτηριστικά και αυξάνοντας τη προσαρμοστικότητά τους, τα προηγμένα συστήματα προτάσεων θα πρέπει πλέον να είναι σε θέση να μειώσουν σημαντικά τον κόπο του χρήστη, κάτι το οποίο με τη σειρά του, αυξάνει την απόλαυση στη διαδικασία εντοπισμού πιθανών προτάσεων (17).

1.3 Στόχος διπλωματικής εργασίας

Σκοπός της παρούσης διπλωματικής εργασίας είναι η ανάπτυξη ενός συστήματος προσωποποιημένων διατροφικών προτάσεων κατάλληλα σχεδιασμένο ώστε να καλύψει το κενό που αφήνουν οι παραδοσιακοί μέθοδοι διατροφικών προτάσεων και να αξιοποιήσει τις πληροφορίες για προτιμήσεις των χρηστών σε πιάτα. Το σύστημα θα εκμεταλλεύεται βαθμολογήσεις πιάτων από χρήστες και άλλες πληροφορίες σχετικές με την κατάσταση της υγείας τους (ιατρικό ιστορικό) για να ενημερώνει τις προτάσεις του

Το σύστημα ανακτά και επεξεργάζεται τις προτιμήσεις του χρήστη, οι οποίες εν τέλει συνυπολογίζονται κατά τη διαδικασία υπολογισμού. Στόχος του συστήματος είναι να προβάλλει στο χρήστη εναλλακτικά πιάτα ώστε να διευκολυνθεί η επιλογή γεύματος σε κάποιο χώρο εστίασης. Η εφαρμογή μπορεί να χρησιμοποιηθεί γενικότερα για την κατάστρωση μιας ολοκληρωμένης δίαιτας βασισμένη στις γευστικές προτιμήσεις του χρήστη. Έτσι, είναι δυνατή η ενσωμάτωση του συστήματος σε γενικότερα συστήματα παραγωγής προτάσεων όπως για παράδειγμα συστήματα που παράγουν εξατομικευμένα προγράμματα αδυνατίσματος ή καλής διατροφής συνδυάζοντας το σύστημα της παρούσης εργασίας με ένα σύστημα που αξιοποιεί πληροφορίες για αθλητικές δραστηριότητες. Κάποιες πιθανές εφαρμογές και επεκτάσεις του συστήματος παρουσιάζονται στην ενότητα 6.3. Ειδικότερα, το

σύστημα που αναπτύχθηκε έχει χρησιμοποιηθεί στην εφαρμογή για κινητά ΔΙΣΥΣ (18). Το ΔΙΣΥΣ είναι ένα ευφύες σύστημα προσωποποιημένων διατροφικών συστάσεων, το οποίο λαμβάνει υπόψην του το διατροφικό προφίλ του καταναλωτή και επιλεγμένους δείκτες υγείας (π.χ. επίπεδα σακχάρου αίματος, αρτηριακή πίεση, κ.λπ), και προτείνει "υγιή" γεύματα στον καταναλωτή τα οποία θα μπορεί να καταναλώσει σε κάποιο εστιατόριο.

1.4 Οργάνωση κειμένου

Στην παρούσα ενότητα οριοθετήσαμε το πλαίσιο και τους στόχους της διπλωματικής.

Στο δεύτερο κεφάλαιο εξοικειώνουμε τον αναγνώστη με την έννοια των Συστημάτων Προτάσεων μέσω μιας ανάλυσης σε θεωρητικό επίπεδο των κατηγοριών των υπαρχόντων Συστημάτων Προτάσεων που εφαρμόζονται σε συστήματα διατροφικών προτάσεων και μιας σύντομης περιγραφής των αλγορίθμων που χρησιμοποιούν. Πραγματοποιείται επίσης μια καταγραφή των πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων των πιο διαδεδομένων Συστημάτων Προτάσεων.

Στο τρίτο κεφάλαιο, αναλύεται η προτεινόμενη προσέγγιση για αποτελεσματικές διατροφικές προτάσεις και παρουσιάζεται ο αλγόριθμος που αναπτύχθηκε.

Στο τέταρτο κεφάλαιο, παρουσιάζεται η υλοποίηση του συστήματος και αναλύονται επιμέρους θέματα τα οποία είναι απαραίτητα για την κατανόηση της συνολικής λειτουργίας του. Στο κεφάλαιο αυτό αναλύονται τα συστατικά του συστήματος και η αρχιτεκτονική του.

Το πέμπτο κεφάλαιο περιγράφεται η διαδικασία που ακολουθήθηκε για την αξιολόγηση του συστήματος και παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της αξιολόγησης.

Στο έκτο κεφάλαιο, παρουσιάζεται μία σύνοψη του συστήματος που αναπτύχθηκε στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας. Προτείνονται, τέλος, κάποιες βελτιώσεις και επεκτάσεις.

Η διπλωματική εργασία ολοκληρώνεται με την παράθεση της σχετικής βιβλιογραφίας και τριών παραρτημάτων. Στο Παράρτημα Α παρατίθεται ο αλγόριθμος υπολογισμού προτιμήσεων γραμμένος σε γλώσσα Java και στο Παράρτημα Β παρουσιάζονται οι πίνακες της βάσης δεδομένων του συστήματος.

Συστήματα προτάσεων

Τα συστήματα προτάσεων αφορούν έναν τομέα που σχετίζεται τόσο με την μηχανική μάθηση και με την εξόρυξη δεδομένων, όσο και με το μάρκετινγκ, την ψυχολογία και την επιχειρησιακή και οργανωσιακή έρευνα.

Στο κεφάλαιο αυτό επιχειρείται να δοθεί μια γενική εικόνα των συστημάτων διατροφικών προτάσεων. Αρχικά, δίνεται μία τυπική περιγραφή του προβλήματος παραγωγής προτάσεων και αναλύονται οι πιθανές ταξινομήσεις των συστημάτων προτάσεων, με βάση την τεχνολογία παραγωγής προτάσεων. Ακολούθως αναλύεται η διαδικασία αναζήτησης και επεξεργασίας πληροφοριών και πώς αυτές επηρεάζουν τη λήψη αποφάσεων σχετικών με την επιλογή γεύματος. Τέλος γίνεται μια αναφορά σε εργασίες, σχετικές με το χώρο των συστημάτων διατροφικών προτάσεων.

2.1 Γενικά

Η ανθρώπινη καθημερινότητα είναι γεμάτη με πιθανές επιλογές. Σε καθημερινή βάση ο κάθε άνθρωπος βρίσκεται αντιμέτωπος με την ανάγκη λήψης αποφάσεων. Οι αποφάσεις αυτές μπορεί να αφορούν τα ρούχα που θα φορέσει, την ταινία που θα δει, τις μετοχές που θα αγοράσει ή ακόμα τις σελίδες που θα μελετήσει στο διαδίκτυο. Ο αριθμός των δυνατών επιλογών είναι πολύ συχνά αποτρεπτικά μεγάλος – δεκάδες χιλιάδες ταινίες, δεκάδες χιλιάδες βιβλία, εκατοντάδες εκατομμύρια άρθρα.

Οι χρήστες των διαφόρων συστημάτων πολύ συχνά χρειάζονται υποστήριξη στη διαδικασία επιλογής. Ακόμη και οι απλούστερες αποφάσεις μπορεί να είναι δύσκολες, εάν οι χρήστες δεν διαθέτουν πρόσβαση στη γνώση που περιγράφει τις πιθανές επιλογές τους, αλλά και χρόνο για να τον αφιερώσουν στη μελέτη τους. Ιστορικά οι άνθρωποι βασίζονται στις συστάσεις και στις αναφορές από άλλους ανθρώπους, ειδικούς ή μη, ώστε να πάρουν τις αποφάσεις τους και να ανακαλύψουν νέα αντικείμενα.

Τα συστήματα προτάσεων αποτελούν μία απάντηση ακριβώς σε αυτή την πρόκληση. Η περιοχή των συστημάτων προτάσεων είναι ένας διεπιστημονικός τομέας έρευνας και τεχνολογίας που προέκυψε από την ερευνητική εργασία σε περιοχές όπως η ανάκτηση πληροφορίας, οι τεχνικές προβλέψεων, η επιχειρησιακή έρευνα, η οικονομική ψυχολογία, η ανάλυση κοινωνικών δικτύων και η μοντελοποίηση επιλογών των καταναλωτών. Τα συστήματα προτάσεων απευθύνονται κυρίως σε χρήστες του διαδικτύου, οι οποίοι κατακλύζονται από υπερπληθώρα πληροφοριών, στην προσπάθειά τους να ενημερωθούν για τις εξελίξεις ή να πάρουν κάποια απόφαση. Στη πράξη, όσοι επισκέπτονται μια ενημερωτική ή εμπορική ιστοσελίδα για να συλλέξουν πληροφορίες σχετικά με ένα προϊόν, μια υπηρεσία ή ένα θέμα γενικότερα, έρχονται αντιμέτωποι με μεγάλο πλήθος σχετικών υποσελίδων και των πληροφοριών που αυτές περιέχουν. Για να επιλυθεί αυτό το πρόβλημα οι Resnick και Varian (19) πρότειναν την ανάπτυξη συστημάτων προτάσεων. Τα συστήματα προτάσεων είναι

«έξυπνες εξατομικευμένες εφαρμογές, οι οποίες προτείνουν προϊόντα και υπηρεσίες ή πληροφορίες γενικότερα, που ταιριάζουν στις ανάγκες και προτιμήσεις του χρήστη, δεδομένης της κατάστασής του και του περιβάλλοντός του» (20).

Τα συστήματα προτάσεων στην πιο γενική τους μορφή, αντιμετωπίζουν το πρόβλημα της εκτίμησης της χρησιμότητας ή της αξιολόγησης αντικειμένων τα οποία ο χρήστης δεν έχει δει ακόμη. Για την επίλυση του συγκεκριμένου προβλήματος, μια σειρά από διαφορετικούς τύπους συστημάτων προτάσεων έχουν προταθεί: συστήματα βασισμένα στο περιεχόμενο και στις προτιμήσεις των χρηστών, αλλά και συστήματα βασισμένα στην μνήμη ή σε μοντέλα.

Η αναζήτηση και τα συστήματα προτάσεων αποτελούν, κατά μια έννοια, δυο όψεις του ίδιου νομίσματος που χρησιμοποιούν παρόμοιες τεχνολογίες. Οι Belkin και Croft μετά από εξέταση των δυο τομέων κατέληξαν στο γεγονός ότι υπάρχει μικρή διαφορά μεταξύ της ανάκτησης πληροφορίας και της διήθησης της σε ένα αφαιρετικό επίπεδο, καθώς ο στόχος αλλά και το πλαίσιο λειτουργίας τους είναι παρόμοιο.

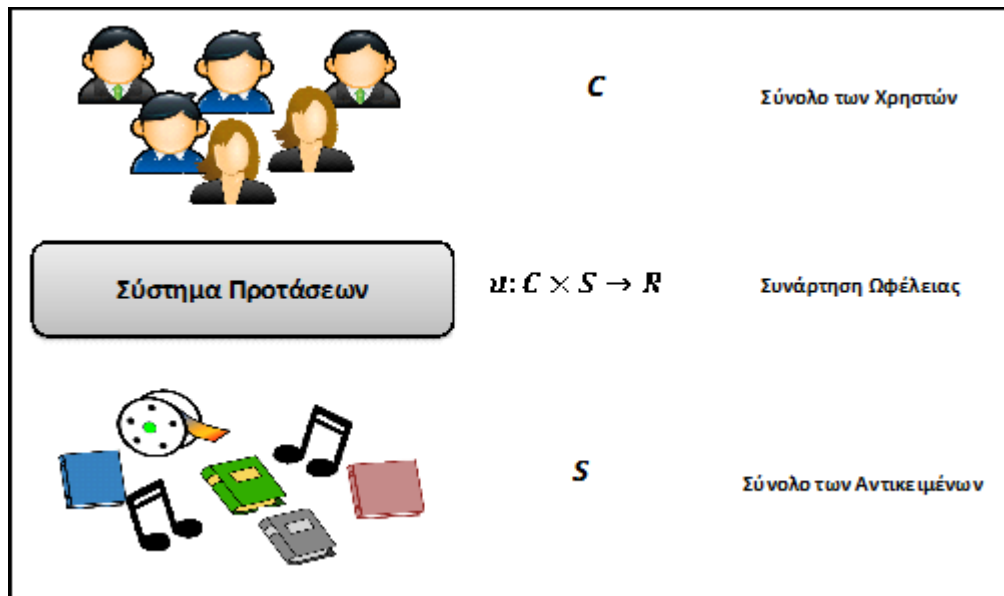
Η αναζήτηση αφορά την εύρεση περιεχομένου (συνήθως εγγράφων) μη δομημένης μορφής (συνήθως κειμένου) όπου ικανοποιεί μια ανάγκη για πληροφορία που αφορά μεγάλες συλλογές δεδομένων που συνήθως έχουν αποθηκευτεί σε υπολογιστές. Η αναζήτηση αφορά οποιαδήποτε μορφή διεπαφής που επιτρέπει την πραγματοποίηση μιας σειράς από εργασίες ανάκτησης πληροφορίας από τον χρήστη. Μια τυπική εργασία αναζήτησης είναι αυτή που χρησιμοποιεί ερωτήματα (queries) αλλά η αναζήτηση επίσης περιλαμβάνει την πλοήγηση ανάμεσα σε έγγραφα αλλά και το φιλτράρισμά τους κατά τη διάρκεια της πλοήγησης, συμπίπτοντας έτσι με τα συστήματα προτάσεων. Όσο το περιεχόμενο γίνεται πιο εύκολα διαθέσιμο, τόσο καταβάλλεται περισσότερη προσπάθεια ώστε οι αλγόριθμοι να μπορούν να αξιολογήσουν τη συνάφεια των αποτελεσμάτων καθώς και τη σημαντικότητα της πηγής, ιδιαίτερα στον ιστό. Τελευταία, η σημασιολογική αναζήτηση έχει κερδίσει έδαφος στο συνδυασμό της δομημένης και της μη δομημένης πληροφορίας για την βέλτιστη ανάκτηση αποτελεσμάτων για τις αναζητήσεις των τελικών χρηστών.

Στη γενική του μορφή το πρόβλημα της δημιουργίας προτάσεων μπορεί να οριστεί ως το πρόβλημα της εκτίμησης αξιολογήσεων αντικειμένων τα οποία δεν έχει δει (ή καταναλώσει) ακόμη ένας συγκεκριμένος χρήστης. Για να πραγματοποιηθεί αυτή η εκτίμηση, τα συστήματα προτάσεων μπορούν να λάβουν υπόψη όλες τις πληροφορίες που είναι διαθέσιμες σε εκείνο το χρονικό σημείο (παρελθούσες αξιολογήσεις χρηστών, χαρακτηριστικά των αντικειμένων, αξιολογήσεις από άλλους χρήστες, χαρακτηριστικά των χρηστών, κ.α.). Αφότου πραγματοποιηθεί η εκτίμηση της αξιολόγησης των αντικειμένων το σύστημα προτάσεων μπορεί να πραγματοποιήσει συγκεκριμένες συστάσεις στον χρήστη.

Μια τυπική περιγραφή του προβλήματος παροχής προτάσεων είναι η παρακάτω (21) : έστω C είναι το σύνολο όλων των χρηστών και S ένα σύνολο από όλα τα πιθανά αντικείμενα που μπορεί να προταθούν, όπως βιβλία, μουσική, ταινίες, άνθρωποι ή εστιατόρια. Ο χώρος των πιθανών αντικειμένων σε μερικές εφαρμογές είναι εξαιρετικά μεγάλος – για παράδειγμα στην πρόταση μουσικής ή βιβλίων. Επίσης ο χώρος των χρηστών μπορεί να είναι μεγάλος, ανάλογα με την περίπτωση. Ως U ορίζεται η συνάρτηση ωφέλειας η οποία χρησιμοποιείται για να εκτιμήσει την χρησιμότητα του αντικείμενου s για τον χρήστη c , όπως στην εξίσωση (1) όπου το R είναι ένα πλήρως ταξινομημένο σύνολο.

$$u: C \times S \rightarrow R \quad (1)$$

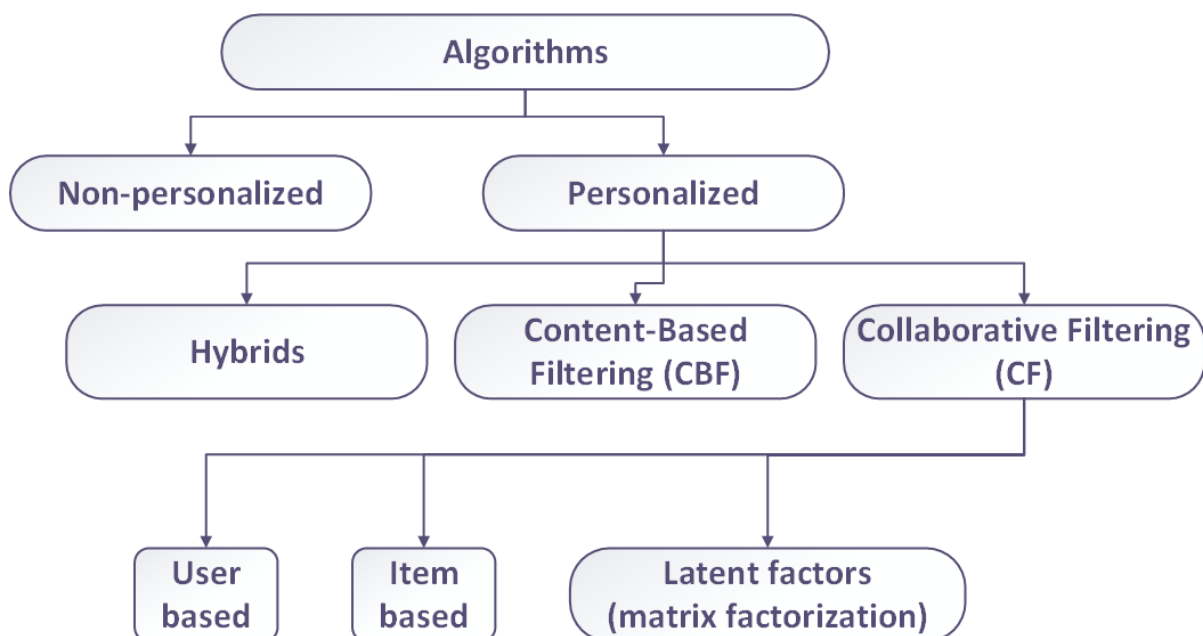
Μια εποπτική παρουσίαση του προβλήματος της παροχής προτάσεων φαίνεται στην εικόνα 1.



Εικόνα 1 – Σύστημα Προτάσεων

2.1.1 Ταξινόμηση των συστημάτων προτάσεων

Τα συστήματα προτάσεων ακολουθούν μια βασική ταξινόμηση, που αφορά στον τρόπο με τον οποίο παρέχουν προτάσεις στον τελικό χρήστη. Χωρίζονται σε εκείνα που βασίζονται στο περιεχόμενο και σε εκείνα που αναλύουν τη συμπεριφορά των χρηστών (συνεργατική διήθηση).



Σχήμα 1 - Ταξινόμηση συστημάτων προτάσεων (Πηγή: (22))

Στα συστήματα που βασίζονται στο περιεχόμενο (content-based filtering), κάθε αντικείμενο αναλύεται και συσχετίζεται με χρήστες, βάσει των προηγούμενων προτιμήσεών τους. Σε αυτή

τη διαδικασία προβλέπεται η μελλοντική γνώμη κάποιου χρήστη για ένα δεδομένο αντικείμενο. Ένα σύστημα προτάσεων βασισμένο στο περιεχόμενο, στη γενικευμένη μορφή του, μπορεί να οριστεί σαν ένα σύστημα επίλυσης του προβλήματος ταξινόμησης κειμένου. Στο συγκεκριμένο πρόβλημα το περιεχόμενο των νέων αντικειμένων αντιστοιχίζεται σε κλάσεις πληροφορίας και ακολούθως σε προφίλ χρηστών.

Τα συστήματα προτάσεων τα οποία βασίζονται στο περιεχόμενο, αναλύουν τις περιγραφές των αντικειμένων, ώστε να εντοπιστούν εκείνα που μπορεί να ενδιαφέρουν το κάθε χρήστη (23). Τα στοιχεία που διαφοροποιούν τα συστήματα αυτά, είναι αφενός ο τρόπος αναπαράστασης των αντικειμένων και των χρηστών, και αφετέρου οι αλγόριθμοι και οι τεχνικές για την παραγωγή των προτάσεων. Συχνά τα αντικείμενα που προτείνονται στο χρήστη αποθηκεύονται σε σχεσιακές βάσεις δεδομένων, και πιο συγκεκριμένα σε πίνακες που κάθε γραμμή τους αντιστοιχεί σε ένα αντικείμενο και κάθε στήλη τους περιλαμβάνει ένα διαφορετικό χαρακτηριστικό του. Κάθε αντικείμενο έχει χαρακτηριστικά που το ξεχωρίζουν από τα υπόλοιπα, και αυτός είναι και ο συνηθισμένος τρόπος αποθήκευσης της δομημένης πληροφορίας. Σε περιπτώσεις που χρησιμοποιούνται τεχνολογίες σημασιολογικού ιστού για την αναπαράσταση της γνώσης (όπως ταξονομίες ή οντολογίες), η τελική αποθήκευση των δεδομένων μπορεί να γίνει σε γλώσσες σημασιολογικού ιστού.

Ένας αριθμός μεθόδων, που χρησιμοποιούν το περιεχόμενο, έχει προταθεί στη βιβλιογραφία. Η τεχνική RIPPER (24), παρόμοια με εκείνη των δένδρων αποφάσεων, έχει αποδειχθεί ότι παρουσιάζει επιτυχία στην ταξινόμηση ηλεκτρονικών μηνυμάτων. Η τεχνική των k -πλησιέστερων γειτόνων έχει χρησιμοποιηθεί από συστήματα όπως το «The Daily Learner» (25) για τον εντοπισμό των ενδιαφερόντων του χρήστη. Γραμμικοί ταξινομητές (linear classifiers) και μηχανές διανυσμάτων υποστήριξης (support vector machines) έχουν προταθεί για επίλυση αντιστοίχων προβλημάτων. Επίσης ο αφελής ταξινομητής Bayes (naive bayes classifier) φαίνεται ότι αποδίδει ικανοποιητικά σε εφαρμογές προτάσεων όπως φαίνεται στο Syskill & Webert (26).

Στην τεχνική της συνεργατικής διήθησης (collaborative filtering), λαμβάνεται υπόψη η συνολική συμπεριφορά των χρηστών. Για τη λειτουργία τους θεωρείται ως αρχική υπόθεση ότι οι χρήστες που εμφανίζουν παρόμοια συμπεριφορά στο παρελθόν, θα συνεχίσουν να συμπεριφέρονται με παρόμοιο τρόπο και στο μέλλον. Στη γενική της μορφή, η τεχνική αυτή αναζητά χρήστες που μοιράζονται το ίδιο μοτίβο συμπεριφοράς με τον ενεργό χρήστη.

Πιο συγκεκριμένα η τεχνική της συνεργατικής διήθησης βασίζεται στις γνωστές δραστηριότητες όλων των χρηστών για να υπολογίσει μια πρόταση για τον ενεργό χρήστη (27). Η πλειονότητα των αλγορίθμων συνεργατικής διήθησης που χρησιμοποιούνται σήμερα, παράγουν αρχικά προβλέψεις των προτιμήσεων του ενεργού χρήστη και στη συνέχεια παρουσιάζουν προτάσεις ταξινομώντας τα υποψήφια αντικείμενα. Αυτή η στρατηγική που εφαρμόζεται, είναι ανάλογη με εκείνη της ανάκτησης πληροφορίας, όπου υπολογίζονται οι βαθμολογίες συνάφειας του κάθε αποτελέσματος με ερώτημα και στη συνέχεια παρέχονται τα αποτελέσματα με τη μεγαλύτερη βαθμολογία.

Έχουν προταθεί διάφορες μέθοδοι για την υποστήριξη προτάσεων μέσω συνεργατικής διήθησης, όπως μέθοδοι αναφοράς χωρίς εξατομίκευση αποτελεσμάτων, αλγόριθμοι προτάσεων K -πλησιέστερων γειτόνων, τόσο με βάση τα αντικείμενα όσο και με βάση τους χρήστες, μέθοδοι μείωσης διαστάσεων και πιθανοτικές μέθοδοι.

Στις εικόνες που ακολουθούν φαίνονται δύο παραδείγματα του αλγορίθμου προτάσεων K -πλησιέστερων γειτόνων. Στον αλγόριθμο με βάση τους χρήστες, για την πρόβλεψη τιμών των αντικειμένων κάποιου χρήστη, χρησιμοποιείται η τιμή για τα ίδια αντικείμενα που έχει δώσει κάποιος χρήστης που εμφανίζεται ως πιο κοντινός στον εξεταζόμενο. Στην Εικόνα 2,

εξετάζεται το αντικείμενο 6 του χρήστη “Alice”. Για τη πρόβλεψη χρησιμοποιείται η τιμή για το ίδιο αντικείμενο, εκείνου του χρήστη που εμφανίζεται σαν πιο κοντινός στον “Alice”, δηλαδή του χρήστη 3.

	Item1	Item 2	Item 3	Item 4	Item 5	Item 6	Correlation with Alice
Alice	5	2	3	3		?	
User 1	2		4		4	1	-1.00
User 2	2	1	3		1	2	0.33
User 3	4	2	3	2		1	.90
User 4	3	3	2		3		
User 5		3		2	2		
User 6	5	3		1	3		
User 7		5		1	5		

Εικόνα 2 - Αλγόριθμος K-πλησιέστερων γειτόνων με βάση τους χρήστες (Πηγή: (28))

Στον αλγόριθμο K-πλησιέστερων γειτόνων με βάση το αντικείμενο, για την πρόβλεψη της τιμής για ένα αντικείμενο για κάποιο χρήστη, χρησιμοποιείται η τιμή που έχει ο ίδιος χρήστης στο αντικείμενο, το οποίο εμφανίζεται ως πιο κοντινό στο ζητούμενο. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα της Εικόνα 3, ζητείται πρόβλεψη για το αντικείμενο 6 στο χρήστη “Alice”. Το αντικείμενο 2 είναι το πιο κοντινό στο 6 άρα η τιμή που χρησιμοποιείται είναι αυτή του χρήστη “Alice” για το αντικείμενο 2, δηλαδή η τιμή 2.

	Item1	Item 2	Item 3	Item 4	Item 5	Item 6
Alice	5	2	3	3		?
User 1	2		4		4	1
User 2	2	1	3		1	2
User 3	4	2	3	2		1
User 4	3	3	2		3	1
User 5		3		2	2	2
User 6	5	3		1	3	2
User 7		5		1	5	1
Item similarity	0.76	0.79	0.60	0.71	0.75	

Εικόνα 3 - Αλγόριθμος K-πλησιέστερων γειτόνων με βάση το αντικείμενο (Πηγή: (28))

Εκτός των αλγορίθμων που υποστηρίζουν την παραγωγή εξατομικευμένων προτάσεων, υπάρχουν και μέθοδοι που παρέχουν μη εξατομικευμένες προτάσεις. Οι συγκεκριμένες

μέθοδοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως βάση αναφοράς ή για την προ-επεξεργασία και την κανονικοποίηση των δεδομένων. Ένας τρόπος πραγματοποίησης τέτοιων προβλέψεων, είναι ο υπολογισμός της μέσης βαθμολογίας με χρήση όλων των βαθμολογιών στο σύστημα. Μια βελτιωμένη εκδοχή μπορεί να συγκεντρώνει τη μέση τιμή των βαθμολογιών για το συγκεκριμένο αντικείμενο.

Στις προσεγγίσεις της συνεργατικής διήθησης πολύ συχνά μεταφέρουμε τις αξιολογήσεις των χρηστών σε διανύσματα. Αυτά τα διανύσματα όμως είναι εξαιρετικά μεγάλων διαστάσεων για να καλύψουν όλα τα πιθανά αντικείμενα. Επίσης από τα συγκεκριμένα διανύσματα, απουσιάζουν ορισμένες τιμές για αντικείμενα που δεν έχουν αξιολογηθεί από τους χρήστες. Για το σκοπό αυτό έχει διερευνηθεί η δυνατότητα μείωσης των διαστάσεων των διανυσμάτων. Συγκεκριμένα, έχει προταθεί η εφαρμογή λανθάνουσας σημασιολογικής ανάλυσης για τον περιορισμό των διαστάσεων του προβλήματος της παραγωγής προτάσεων. Οι μεθοδολογίες που ενσωματώνουν τη λανθάνουσα σημασιολογική ανάλυση έχουν σχεδιαστεί και αξιολογηθεί με σημαντική επιτυχία.

Εκτός από τους προαναφερθέντες τύπους συστημάτων προτάσεων που χρησιμοποιούν τις δύο αυτές βασικές μεθόδους, έχουν προταθεί και άλλοι τύποι. Ένας από αυτούς χρησιμοποιεί μεθόδους μηχανικής γνώσης (knowledge engineering), όπου με τη συνεισφορά ανθρώπων, εντοπίζονται, μοντελοποιούνται και χρησιμοποιούνται οι παράγοντες εκείνοι που επηρεάζουν τις προτιμήσεις των χρηστών (29). Επιπλέον, ο Burke (30) παρέχει μια επισκόπηση τεχνικών που βασίζονται σε δημογραφικά χαρακτηριστικά των χρηστών (demographic techniques) αλλά και υβριδικών τεχνικών (hybrid) που συνδυάζουν μεθόδους από όλες τις άλλες τεχνικές.

Ο Πίνακας 1 παρουσιάζει τις διάφορες τεχνικές και τη διαδικασία που αυτές ακολουθούν για να παράγουν προτάσεις.

Τεχνική	Υπόβαθρο	Είσοδος	Διαδικασία
Συνεργατική διήθηση (Collaborative)	Δραστηριότητες χρηστών	Αξιολόγηση κάθε αντικειμένου από το χρήστη	Εντοπισμός παρόμοιων χρηστών με βάση τις αξιολογήσεις τους
Με βάση το περιεχόμενο (Content-based)	Ιδιότητες αντικειμένων	Αξιολόγηση κάθε αντικειμένου από το χρήστη	Κατηγοριοποίηση αντικειμένων με βάση τις αξιολογήσεις τους
Με βάση τα δημογραφικά χαρακτηριστικά (Demographic)	Δημογραφικά χαρακτηριστικά χρηστών	Δημογραφικά χαρακτηριστικά χρήστη	Εντοπισμός παρόμοιων χρηστών με βάση τις αξιολογήσεις τους
Γνώσης (Knowledge-based)	Ιδιότητες αντικειμένων	Ανάγκες χρήστη	Αντιστοίχιση αντικειμένων και αναγκών των χρηστών

Πίνακας 1 - Τεχνικές Συστημάτων Προτάσεων (30)

2.1.2 Αξιολόγηση Συστημάτων Προτάσεων

Η αξιολόγηση των συστημάτων προτάσεων παρουσιάζει ομοιότητες τόσο με τις αξιολογήσεις πληροφοριακών συστημάτων όσο και με την αξιολόγηση συστημάτων μηχανικής μάθησης. Παρακάτω παρουσιάζονται μέθοδοι αξιολόγησης, εκτός σύνδεσης, online και με τη χρήση ερωτηματολογίων. (31)

Για την αξιολόγηση των συστημάτων προτάσεων έχουν προταθεί διάφορες μέθοδοι μεταξύ των οποίων η αξιολόγηση εκτός σύνδεσης (offline), οι αξιολογήσεις από χρήστες και η online αξιολόγηση.

Ο στόχος της αξιολόγησης εκτός σύνδεσης είναι να εξεταστούν οι αλγόριθμοι οι οποίοι χρησιμοποιούνται στα συστήματα προτάσεων. Ο σχεδιασμός της αξιολόγησης πρέπει να γίνεται έτσι ώστε τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται εκτός σύνδεσης να ταιριάζουν με τα δεδομένα που θα αντιμετωπίσει το σύστημα αν εγκατασταθεί στην εφαρμογή για την οποία προορίζεται. Πιο συγκεκριμένα πρέπει να βεβαιωθούμε ότι το σύστημα δεν ευνοεί κάποια συγκεκριμένη κατανομή χρηστών, αντικειμένων και αξιολογήσεων.

Η βασική δομή της αξιολόγησης εκτός σύνδεσης βασίζεται στο διαχωρισμός των δεδομένων σε δεδομένα εκπαίδευσης και αξιολόγησης. Ως είσοδο το σύστημα δέχεται ένα σύνολο δεδομένων που περιέχει αξιολογήσεις χρηστών σε μία χρονική περίοδο αλλά και το περιεχόμενο των αντικειμένων. Οι χρήστες στα σύνολα δεδομένων χωρίζονται σε δύο μέρη, στο σύνολο εκπαίδευσης και στο σύνολο αξιολόγησης. Χρησιμοποιώντας το σύνολο εκπαίδευσης, εκπαιδεύεται ένα σύστημα προτάσεων. Στη συνέχεια αξιολογείται η επίδοσή του σε ένα σύνολο αξιολόγησης.

Λαμβάνοντας διαφορετικά τμήματα του συνόλου δεδομένων ως σύνολο εκπαίδευσης και αξιολόγησης αντίστοιχα μπορούμε να πραγματοποιήσουμε μια διασταυρωμένη επικύρωση των αποτελεσμάτων με k τμήματα. (k -fold crossvalidation). Για να επιτύχουν μεγαλύτερη ομοιότητα με τις πραγματικές συνθήκες στις οποίες πραγματοποιούνται προτάσεις οι ερευνητές πολλές φορές χρησιμοποιούν χρονικά δεδομένα. Όταν στο σύνολο δεδομένων περιέχονται χρονικές πληροφορίες αυτές χρησιμοποιούνται για τον διαχωρισμό σε σύνολα εκπαίδευσης και αξιολόγησης. Ο συγκεκριμένος διαχωρισμός επιβάλλει στο σύστημα προτάσεων να χρησιμοποιήσει μόνο δεδομένα που έχουν ανακληθεί σε προηγούμενο χρόνο για το σχηματισμό μιας πρότασης.

Μια εναλλακτική μέθοδος αξιολόγησης των συστημάτων προτάσεων αφορά την αξιολόγηση από χρήστες. Για το λόγο αυτό απαιτείται από τους χρήστες να χρησιμοποιήσουν το σύστημα προτάσεων. Κατά τη διάρκεια της χρήσης πρέπει να συγκεντρωθούν κάθε τύπου πληροφορίες (ποιες ενέργειες ολοκληρώθηκαν, σε πόσο χρόνο, με πόση ακρίβεια, κ.α.). Τέλος, αφού αλληλεπιδράσουν με το σύστημα οι χρήστες καλούνται να απαντήσουν ερωτήσεις για να καλύψουν στοιχεία τα οποία δεν καλύπτονται από την καταγραφή των δραστηριοτήτων τους.

Για την αξιολόγηση από χρήστες μπορούν να χρησιμοποιηθούν και ερωτηματολόγια. Η χρονική στιγμή της συμπλήρωσης των ερωτηματολογίων μπορεί να τοποθετηθεί πριν, κατά τη διάρκεια και μετά από τη χρήση του συστήματος.

Η online αξιολόγηση αποτελεί τον πλέον ρεαλιστικό τρόπο αξιολόγησης των συστημάτων προτάσεων. Στην αξιολόγηση αυτή ο σχεδιαστής του συστήματος μπορεί να μετρήσει ποσοτικά τις δραστηριότητες των χρηστών. Έτσι μπορεί να μετρηθεί στην πράξη ο βαθμός στον οποίο αυτές επηρεάζονται από την χρήση διαφορετικών στρατηγικών στα συστήματα προτάσεων. Μια τέτοια μεθοδολογία είναι η A/B αξιολόγηση (A/B test).

2.2 Συστήματα διατροφικών προτάσεων

Δεν έχουν όλοι οι άνθρωποι τις ικανότητες ή τον απαραίτητο χρόνο για συλλογή όλων των διαθέσιμων πληροφοριών πριν από την επιλογή ενός γεύματος. Επίσης, κανείς δεν καταναλώνει γεύματα τυφλά χωρίς καμία πληροφορία για το τι καταναλώνουν, τη γεύση του, την οσμή του, την τιμή του και τη θρεπτική αξία του. Για αυτό συστήματα τα οποία είναι ικανά να προτείνουν στους ανθρώπους πιάτα και να επιταχύνουν τη διαδικασία επιλογής ανάμεσα σε εκατομμύρια επιλογές, είναι χρήσιμα.

Μία κατηγορία συστημάτων προτάσεων είναι αυτά που ασχολούνται με τον υπολογισμό προτάσεων για πιάτα και τη προβολή τους στους χρήστες. Ένα σύστημα διατροφικών προτάσεων είναι το αποτέλεσμα της σύνθεσης κάποιων επιμέρους στοιχείων.

Το κύριο στοιχείο είναι ο μηχανισμός παραγωγής των προτάσεων, εκεί όπου συλλέγονται τα δεδομένα χρήστη και οι πληροφορίες σχετικά με τα πιάτα.

Τα δεδομένα χρήστη, περιλαμβάνουν στοιχεία από το προφίλ του χρήστη καθώς και τις βαθμολογίες του για πιάτα, οι οποίες αποτελούν δεδομένα που χρησιμοποιούνται στον υπολογισμό των προτάσεων. Το προφίλ του χρήστη περιέχει προσωπικά χαρακτηριστικά όπως προτιμήσεις, στόχους και περιορισμούς σχετικούς με την κατάσταση της υγείας του

Οι πληροφορίες σχετικά με τα πιάτα, αφορούν τα συγκεκριμένα συστατικά των πιάτων, τις αναλογίες των συστατικών και τα θρεπτικά συστατικά τους. Αναλυτικά οι πληροφορίες για τα πιάτα, τα δεδομένα χρήστη και ο τρόπος με τον οποίο ενσωματώνονται στο σύστημα, περιγράφονται στο επόμενο κεφάλαιο.

Τέλος, στο μηχανισμό παραγωγής των προτάσεων, το σύστημα, με βάση κάποια μέθοδο από αυτές που αναπτύχθηκαν στην παράγραφο 2.1.1, παράγει τις εξατομικευμένες διατροφικές προτάσεις. Στη συνέχεια τις οπτικοποιεί και τις προβάλλει στο χρήστη μέσω της συσκευής του, είτε αυτή είναι κινητό τηλέφωνο, είτε προσωπικός υπολογιστής.

2.3 Αναζήτηση και επεξεργασία πληροφοριών

Η σχεδίαση των συστημάτων διατροφικών προτάσεων βασίζεται στην πλήρη κατανόηση της ανθρώπινης διαδικασίας λήψης αποφάσεων και ειδικότερα της αναζήτησης πληροφοριών που σχετίζονται με πιάτα και τα συστατικά τους. Οι παράγοντες που επηρεάζουν την αναζήτηση πληροφοριών και μπορούν να κάνουν ένα σύστημα προτάσεων πιο ικανό να παράγει συστάσεις κοντά στις ανάγκες των χρηστών είναι :

1. Τα προσωπικά χαρακτηριστικά του χρήστη (κατάσταση υγείας, προτιμήσεις συγκεκριμένων φαγητών ή υλικών)
2. Οι ανάγκες και οι περιορισμοί που προκύπτουν σε σχέση με την περίσταση (π.χ πιάτο με πολλές θερμίδες)
3. Διάφορες πτυχές της διαδικασίας λήψης αποφάσεων

Παρακάτω αναλύονται αυτοί οι παράγοντες και η επίδρασή τους στη διαδικασία αναζήτησης πληροφοριών και επεξεργασίας τους για την επιλογή πιάτων.

2.3.1 Χαρακτηριστικά χρήστη

Ο χρήστης είναι το άτομο που χρησιμοποιεί το σύστημα διατροφικών προτάσεων και τελικά δέχεται τις διατροφικές συστάσεις.

Τα επόμενα χαρακτηριστικά, επηρεάζουν τη διαδικασία παραγωγής των διατροφικών προτάσεων :

- Ιατρικό ιστορικό του χρήστη. Ενδιαφερόμαστε για ένα υποσύνολο ασθενειών.
- Ειδικές δίαιτες που μπορεί να χρειάζεται ο χρήστης.
- Διατροφικές αναφορές προσλήψεων. Ένα σύστημα προτάσεων θρεπτικών συστατικών, που χρησιμοποιείται στις ΗΠΑ από τομείς υγείας, διατροφής και παραγωγής φαγητού. (32)
- Αξιολογήσεις που δίνει ο χρήστης σε συγκεκριμένα πιάτα, εκφράζοντας με αυτόν τον τρόπο τις προτιμήσεις του στα διάφορα φαγητά.

2.3.2 Χαρακτηριστικά πιάτου

Τα χαρακτηριστικά του πιάτου αφορά τα συστατικά που περιέχονται σε αυτό. Η κύρια δομή δεδομένων για τα συστατικά προέρχεται από κάποια βάση δεδομένων που περιέχει τα συστατικά και τις διατροφικές τους αξίες. Ένα παράδειγμα μιας τέτοιας βάσης δεδομένων είναι η δεδομένων USDA (33).

2.3.3 Διαδικασία λήψης αποφάσεων

Ο τρόπος λήψης αποφάσεων αναλύεται στη βιβλιογραφία με βάση το πρότυπο του χρήστη-καταναλωτή. Η συμπεριφορά και οι επιλογές ενός χρήστη-καταναλωτή, που ορίζουν την καταναλωτική προσωπικότητά του, καθορίζονται σε μεγάλο βαθμό από τον τρόπο λήψης των αποφάσεων του, ο οποίος βασίζεται είτε σε πνευματικό και γνωστικό προσανατολισμό προς συγκεκριμένα προϊόντα (34), είτε σε προσωπικές συνήθειες (35). Οι Sproles and Kendall (34) συνδυάζουν χαρακτηριστικά, που αναλύονται στη βιβλιογραφία για να αναπτύξουν μια λίστα με τρόπους λήψης αποφάσεων από καταναλωτές (consumer styles inventory - CSI), οι οποίοι βασίζονται στις παρακάτω οκτώ διαστάσεις:

1. τελειομανία
2. επιλογή προϊόντων με βάση τη μάρκα
3. επιλογή προϊόντων με βάση τη μόδα
4. επιλογή προϊόντων με βάση τις τιμές
5. αγορές προϊόντων για λόγους αναψυχής
6. παρορμητικός ή απρόσεκτος τρόπος αγορών
7. σύγκριση από υπερπληθώρα επιλογών και
8. αγορά προϊόντων βασισμένη στη συνηθισμένη μάρκα

Έτσι ο βαθμός της ανάλυσης και της εξειδίκευσης της διαδικασίας, που ακολουθεί ένα άτομο στη λήψη αποφάσεων, είναι ένας κρίσιμος παράγοντας για ένα σύστημα προτάσεων (36).

2.4 Σχετικές εργασίες

Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί διάφορα συστήματα που βοηθούν τους χρήστες στη κουζίνα ή παρέχουν συστάσεις για γεύματα, κυρίως με στόχο την υγιεινή διατροφή. Οι συστάσεις μπορεί να αφορούν συνταγές ή τον τρόπο με τον οποίο θα παρασκευαστεί το γεύμα. Παρόλα αυτά η έλλειψη κατάλληλων δεξιοτήτων ή η εμπιστοσύνη στις ικανότητες του χρήστη αποτελούν τροχοπέδη στην ετοιμασία ενός νέου πιάτου. Αυτό σημαίνει ότι κατά την δημιουργία προτάσεων για εκτέλεση συνταγών, οι ικανότητες του χρήστη θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψιν. Οι ικανότητες αυτές μπορούν να εκτιμηθούν παρακολουθώντας τις δραστηριότητες του χρήστη στη κουζίνα, για παράδειγμα μέσω αισθητήρων στα κουζινικά σκεύη ή τις συσκευές (Wagner et al., 2011). Ο αριθμός των υλικών και των βημάτων που απαιτούνται κατά την προετοιμασία μπορούν να δώσουν μια ένδειξη σχετικά με τη δυσκολία προετοιμασίας ενός γεύματος. Αν οι χρήστες δεν έχουν εμπειρία στη προετοιμασία δύσκολων γευμάτων, τότε το σύστημα θα πρέπει να είναι ικανό να χρησιμοποιήσει αυτή τη γνώση και να αποφύγει τις πολύπλοκες συνταγές. Επίσης, αυτή η γνώση μπορεί να χρησιμοποιηθεί ώστε οι χρήστες να αναπτύξουν τις ικανότητές τους σταδιακά (Harvey et al., 2012).

Πέρα από τις ικανότητες, διάφοροι άλλοι παράγοντες, σχετικοί με το περιβάλλον του χρήστη αλλά και το περιεχόμενο των συνταγών μπορούν να επηρεάσουν τις προτιμήσεις των χρηστών σχετικά με τα γεύματα και τη βαθμολόγηση των συνταγών. Οι πιο συχνοί λόγοι για αρνητική βαθμολόγηση μιας συνταγής είναι ότι η συνταγή περιέχει κάποιο υλικό ή ένα συνδυασμό υλικών που δεν αρέσουν στο χρήστη, ή ότι η συνταγή απαιτεί πολύ χρόνο για την προετοιμασία και την εκτέλεσή της. Από την άλλη μεριά, οι πιο συχνοί λόγοι για την θετική αξιολόγηση συνταγών είναι η ευκολία και η γρήγορη προετοιμασία, οι προτιμήσεις των ίδιων των χρηστών για ένα υλικό ή μια συνταγή, και το γεγονός ότι η συνταγή θεωρείται καινοτόμα ή ενδιαφέρουσα (Freyne and Berkovsky, 2010). Οπότε σχετικά με το περιβάλλον των συστημάτων προτάσεων διατροφών, η έρευνα έχει δείξει ότι οι προτιμήσεις των χρηστών και τα υλικά και περιεχόμενο των συνταγών όσον αφορά τα υλικά, ασκούν μεγάλη επιρροή στη τελική επιλογή του χρήστη (Freyne and Berkovsky, 2010).

Με βάση τη παραπάνω γνώση, οι βαθμολογήσεις για ένα γεύμα μπορούν να δώσουν ενδείξεις σχετικά με τις βαθμολογήσεις για τα υλικά ή τα συστατικά των τροφών και αντίστροφα, βαθμολογήσεις για υλικά και συστατικά τροφών μπορούν να συνθέσουν βαθμολογήσεις τροφών (Freyne and Berkovsky, 2010). Με βάση τις βαθμολογήσεις που συμπεραίνουμε για τα υλικά και τα συστατικά των τροφών, μια καλά τοποθετημένη στρατηγική μπορεί να λαμβάνει υπόψιν τα συστατικά ενός γεύματος κατά την παραγωγή των προτάσεων. Έρευνες έχουν δείξει ότι πιο ακριβείς συστάσεις που ταιριάζουν καλύτερα στις προτιμήσεις των χρηστών παράγονται όταν το σύστημα λαμβάνει υπόψιν τις βαθμολογήσεις που συμπεραίνει το σύστημα για το συστατικό, παρά όταν λαμβάνει υπόψιν τις βαθμολογήσεις στις συνταγές τις ίδιες (Freyne and Berkovsky, 2010).

Σε ορισμένες περιπτώσεις, οι διατροφικές συστάσεις δεν αφορούν μεμονωμένους χρήστες στην επιλογή του φαγητού, αλλά είναι προτάσεις σε ομάδες (γκρουπ) χρηστών όπως για παράδειγμα οικογένειες. Το πρόβλημα στη περίπτωση αυτή είναι η εύρεση των κατάλληλων προτάσεων στην ομάδα των χρηστών, λαμβάνοντας υπόψιν τις προτιμήσεις όλων των μελών της ομάδας. Στη περίπτωση των προτάσεων συνταγών, δύο στρατηγικές που παράγουν συστάσεις για ομάδες έχουν συγκριθεί: η μια στρατηγική αθροίζει τις προτιμήσεις των χρηστών, σε ένα μοντέλο που αναπαριστά τις προτιμήσεις της ομάδας, και μια στρατηγική που υπολογίζει πρώτα συστάσεις για κάθε χρήστη ξεχωριστά και έπειτα αθροίζει τις επιμέρους συστάσεις σε συστάσεις για την ομάδα στο σύνολό της (Wagner et al., 2011).

Οι Pessemier et al. (2013), μελετούν τη χρήση συστημάτων προτάσεων για φαγητό σε ασθενείς μια νοσοκομειακής μονάδας. Ανάμεσα στις απαιτήσεις του συστήματος, ξεχωρίζουν ορισμένες που έχουν επίπτωση στη διαδικασία παραγωγής των προτάσεων: Καθώς τα γεύματα παράγονται από επαγγελματίες μάγειρες, οι επιδόσεις των χρηστών στη μαγειρική δεν επηρεάζουν τη διαδικασία παραγωγής των προτάσεων. Όμως οι προτιμήσεις των ασθενών είναι καθοριστικός παράγοντας μαζί με διατροφικούς ή ιατρικούς κανόνες λόγω ασθενειών όπως ο διαβήτης και οι αλλεργίες. Επίσης, από τη στιγμή που οι συστάσεις στοχεύουν συγκεκριμένους χρήστες οι στρατηγικές που αφορούν συστάσεις σε ομάδες χρηστών δεν είναι απαραίτητες.

Οι Trevisiol et al. (2014) στηρίζονται σε αξιολογήσεις χρηστών με λεκτικά δεδομένα που παράγουν οι χρήστες κατά την αξιολόγηση εστιατορίων. Επίσης συνδέουν το πρόβλημα της δημιουργίας προτάσεων με το περιβάλλον του χρήστη οπότε καταλήγουν σε συστάσεις που δεν προτείνουν γενικά φαγητά αλλά φαγητά που υπάρχουν σε συγκεκριμένα εστιατόρια. Στο πρόβλημα αυτό οι παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψιν είναι περισσότεροι αλλά το αποτέλεσμα είναι καλύτερο και απευθύνεται σε εφαρμογές καθημερινής χρήσης.

Οι Fudholi et al. (2009) σχεδίασαν και υλοποίησαν ένα σύστημα που υποβοηθάει την επιλογή μενού φαγητών στα πλαίσια μιας εφαρμογής ελέγχουν της υγείας του πληθυσμού. Το σύστημα χρησιμοποιεί μια οντολογία για να μοντελοποιήσει τις διατροφικές ανάγκες των χρηστών ενώ μέσα από μια σειρά κανόνων εξάγονται οι συστάσεις. Η υλοποίηση είναι μια εφαρμογή σημασιολογικού ιστού όπου οι χρήστες εισάγουν τροφές που δεν πρέπει να καταναλώσουν καθώς και τις προσωπικές τους προτιμήσεις ώστε το σύστημα να υπολογίσει διάφορες παραμέτρους και να επιλέξει τα κατάλληλα μενού από τη βάση δεδομένων.

Οι Jaime et al. (2005) σχεδίασαν μια οντολογία για φαγητά με στόχο τον έλεγχο του διαβήτη από διατροφική σκοπιά ώστε να υποστηρίξουν ασθενείς. Η οντολογία υλοποιήθηκε με βάση ευρέως διαδεδομένους οδηγούς και πρότυπα ενώ περιέχει 177 κλάσεις, 53 παραμέτρους και 632 αντικείμενα. 13 κύριες κλάσεις τύπων φαγητών ορίστηκαν συμπεριλαμβανομένων μη επεξεργασμένων τροφών, κατηγοριών φαγητών και τύπων φαγητών με βάση το κύριο συστατικό τους. Ορισμένες από τις κύριες παραμέτρους αφορούν διατροφικά στοιχεία, όπως τα λιπαρά, οι ίνες και οι υδατάνθρακες. Σχετικά με τον έλεγχο του διαβήτη, οι Chang-Shing et al. (2014) υλοποίησαν ένα έμπειρο σύστημα προσβάσιμο μέσω διαδικτύου με στόχο την παροχή διατροφικών συμβουλών και διαχείρισης των διατροφικών συνηθειών βασισμένο σε οντολογίες. Το σύστημα χρησιμοποιεί μια βάση δεδομένων φαγητών, γευμάτων και μενού ως βασικά δεδομένα σχετικά με τα διατροφικά στοιχεία και τις ποσότητες. Οι χρήστες μπορούν να αναζητήσουν τη σύσταση ενός φαγητού με βάση το συστατικό στοιχείο και τη ποσότητα. Επίσης το προτεινόμενο σύστημα μπορεί να οργανώσει τα φαγητά με βάση Κορεάτικα μενού και μπορεί να διαβάσει τη διατροφική σύνθεση του κάθε φαγητού, πιάτου και μενού.

Το σύστημα Food-Oriented Ontology-Driven System (FOODS) (Snae and Bruckner, 2008) αποτελεί άλλο ένα έμπειρο σύστημα βασισμένο σε οντολογίες που στόχο έχει τις διατροφικές συμβουλές και το προγραμματισμό των μενού. Χρησιμοποιεί μια οντολογία προσανατολισμένη σε φαγητά ενώ το σύστημα έχει δύο διεπαφές, μία για τους μάγειρες και μία για τους χρήστες που θέλουν συμβουλές σχετικά με τα γεύματα.

Οι Suksom et al. (2010) υλοποίησαν ένα σύστημα βασισμένο σε κανόνες για προσωποποιημένες συστάσεις με στόχο να βοηθήσει χρήστες στην επιλογή φαγητών για επιλογή φαγητών με βάση διατροφικούς κανόνες από οντολογία ενώ λαμβάνει υπόψιν τη κατάσταση υγείας των χρηστών και εξάγει κανόνες που αφορούν διατροφικές ανάγκες του χρήστη.

Οι Tummark et al. (2013), προτείνουν ένα παρόμοιο σύστημα βασισμένο σε οντολογίες που απευθύνεται συγκεκριμένα σε αθλητές που σηκώνουν βάρη. Οι συστάσεις λαμβάνουν υπόψιν σχετικούς διατροφικούς κανόνες που έχουν μεταφραστεί σε γνωσιακούς κανόνες.

Η εφαρμογή foodroid (37) προτείνει μενού φαγητών από εστιατόρια με βάση τις προτιμήσεις των χρηστών. Η εφαρμογή αποτελείται από τρία συστατικά μέρη : έναν αλγόριθμο που αναλύει και καταβάζει τα απαραίτητα δεδομένα στη βάση δεδομένων, έναν σερβερ ο οποίος επεξεργάζεται τα δεδομένα των μενού από τη βάση δεδομένων και υπολογίζει τις βαθμολογίες τους και έναν πελάτη ο οποίος τρέχει σε πλατφόρμες android και αναπαριστά το προτεινόμενο μενού με βολικό για το χρήστη τρόπο.

Ορισμένες εφαρμογές χρησιμοποιούν άλλες μορφές παρουσίασης όπως το E-Table (<http://www.e-table-interactive.com>) και το eMenu (<http://www.emenu-international.com>). Και τα δύο συστήματα διαθέτουν χαρακτηριστικά όπως είναι η αυτόματη παραγγελιοληψία (χωρίς τη διαμεσολάβηση σερβιτόρου), και η οπτικοποίηση των διαθέσιμων πιάτων του μενού. Τα συστήματα αυτά όμως δεν διαθέτουν έξυπνες λειτουργίες μοντελοποίησης των χρηστών και προσωποποίησης της πληροφορίας σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά του χρήστη.

Όπως φαίνεται από την βιβλιογραφική ανασκόπηση τα συστήματα διατροφικών προτάσεων αναπτύσσονται με ραγδαίους ρυθμούς καθώς η ανάγκη των ανθρώπων για σωστή διατροφή αυξάνονται και οι τεχνολογίες έξυπνων κινητών συσκευών επιτρέπουν τη δημιουργία εφαρμογών τις οποίες μπορούν να χρησιμοποιούν οι χρήστες στη καθημερινότητά τους.

Οι περισσότερες εφαρμογές ευρείας χρήσης στοχεύουν στη παραγωγή προτάσεων συνταγών με βάση τις βαθμολογήσεις των χρηστών στα διάφορα συστατικά ή τα φαγητά τα ίδια. Πιο εξειδικευμένες εφαρμογές στοχεύουν στην υποβοήθηση ομάδων χρηστών που έχουν κάποιο πρόβλημα υγείας (όπως διαβητικοί) και απαιτούν ειδική διαίτα στη καθημερινότητά τους. Τυπικά, οι εφαρμογές αυτές βασίζονται σε τεχνολογίες μοντελοποίησης γνώσης και συστήματα κανόνων

Προτεινόμενη προσέγγιση

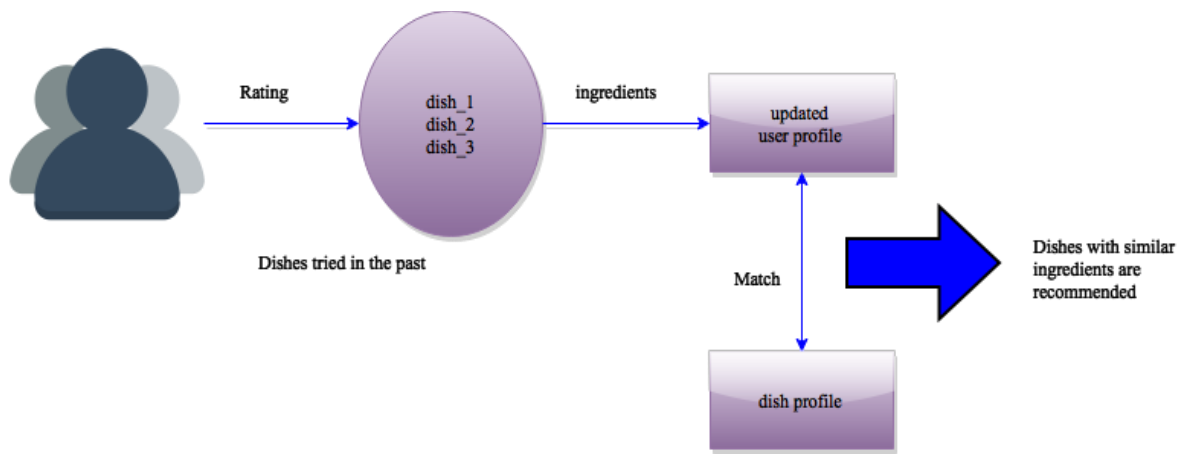
Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφεται η προτεινόμενη προσέγγιση για την παραγωγή διατροφικών συστάσεων. Επιπλέον, παρουσιάζονται η μοντελοποίηση των πιάτων και των χρηστών, ο τρόπος ανάκτησης και επεξεργασίας της πληροφορίας, καθώς και ο αλγόριθμος υπολογισμού των προτιμήσεων.

3.1 Εισαγωγή

Το φαγητό είναι μία από τις βασικές ανθρώπινες ανάγκες. Οι σωστές διατροφικές συνήθειες μπορούν να βοηθήσουν στην διατήρηση της καλής υγείας του ατόμου. Ωστόσο, η δίαιτα κάθε ατόμου παρουσιάζει ιδιαιτερότητες που σχετίζονται με την ηλικία, τις φυσικές αναλογίες και την κατάσταση της συνολικής υγείας. Επιπλέον, κάθε άτομο έχει διαφορετικές προτιμήσεις στο φαγητό. Τέλος, πολλές χρόνιες παθήσεις συνδέονται άμεσα με τις διατροφικές συνήθειες (π.χ παχυσαρκία, διαβήτης, καρδιοπάθειες). Για το λόγο αυτό η επιλογή ενός πιάτου που ισορροπεί μεταξύ των ατομικών αναγκών του χρήστη και τις γευστικές του προτιμήσεις παρουσιάζει συχνά προκλήσεις. Η ενότητα αυτή επικεντρώνεται στην περιγραφή της λογικής προσδιορισμού των προτάσεων του συστήματος. Ένα σύστημα το οποίο θα προσφέρει στο χρήστη προτάσεις πιάτων, που βασίζονται τόσο στις προτιμήσεις του όσο και στις ιδιαίτερες διατροφικές του ανάγκες. Αρχικά, παρουσιάζεται η λογική για την αξιοποίηση των προτιμήσεων του χρήστη στις προβλέψεις και στη συνέχεια η λογική αξιοποίησης των διατροφικών αναγκών.

3.2 Λογική για προσδιορισμό των προτάσεων

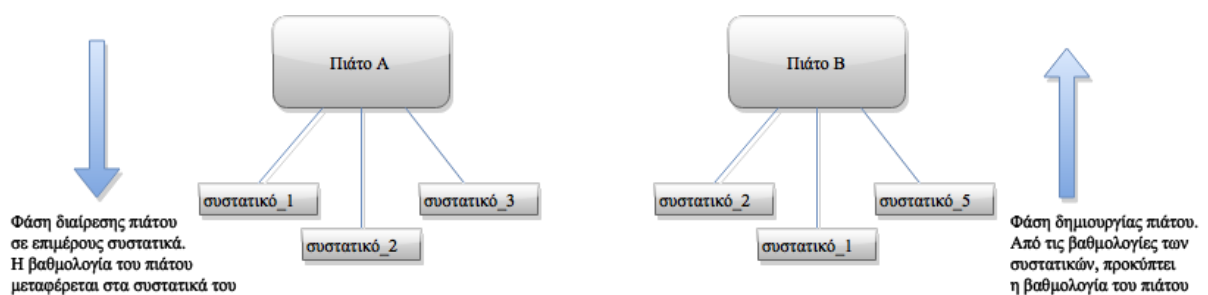
Το σύστημα που αναπτύχθηκε βασίζεται στο περιεχόμενο (content based recommendation system). Οι ιδιαίτερες ανάγκες του χρήστη και τα χαρακτηριστικά του περιγράφονται μέσα στο προφίλ του. Από την άλλη, τα πιάτα που επεξεργάζεται το σύστημα μπορούν να θεωρηθούν σαν ένα σύνολο από συστατικά ή πρώτες ύλες, δημιουργείται έτσι η ανάγκη για ύπαρξη ενός πίνακα που θα περιέχει πιάτα, η δημιουργία προφίλ για το πιάτο. Η προτεινόμενη προσέγγιση στο πρόβλημα των διατροφικών προτάσεων μεταχειρίζεται τη διαδικασία υπολογισμού προτάσεων σαν διαδικασία εύρεσης όμοιων αντικειμένων. Έτσι, το σύστημα προσπαθεί να βρει ομοιότητες μεταξύ του προφίλ χρήστη και των προφίλ των πιάτων. Για παράδειγμα αν ένας χρήστης έχει προτίμηση στο σολωμό, το σύστημα είναι πιθανό να του προτείνει πιάτα με βάση το σολωμό όπως είναι το σούσι. Επιπλέον, οι χρήστες μπορούν να αξιολογήσουν τα αποτελέσματα του αλγορίθμου. Με αυτό τον τρόπο το σύστημα έχει μία δυνατότητα ανατροφοδότησης από τους χρήστες. Μετά την ανατροφοδότηση το σύστημα ανανεώνει τα προφίλ των πιάτων και του χρήστη που σχετίζονται με την ανατροφοδότηση που έλαβε το σύστημα. Μελλοντικές προτάσεις χρησιμοποιούν αυτή την πληροφορία.



Σχήμα 2 – Προτάσεις πιάτων με βάση το περιεχόμενο

Προκειμένου να προταθεί ένα πιάτο στο χρήστη και η πρόταση να λαμβάνει υπόψιν τις προτιμήσεις του χρήστη, το σύστημα πρέπει να διαχειρίζεται κάποιο δεδομένο που δύναται να βαθμολογηθεί εύκολα από χρήστες. Για αυτό επιλέχθηκε ο χρήστης να βαθμολογεί κάποια πιάτα. Η βαθμολόγηση των πιάτων προσφέρει περισσότερες πληροφορίες από ότι η βαθμολόγηση ενός ολόκληρου γεύματος ή μενού και είναι πιο φυσική προς τον χρήστη από ότι η βαθμολόγηση ανεξάρτητων πρώτων υλών.

Έτσι, ο χρήστης βαθμολογεί τα πιάτα που έχει δοκιμάσει στο παρελθόν και το σύστημα επιμερίζει αυτή τη βαθμολογία στα συστατικά του πιάτου. Οι βαθμολογίες αυτές των συστατικών αποθηκεύονται σε μία βάση δεδομένων και τελικά χρησιμοποιούνται για την πρόβλεψη της προτίμησης του χρήστη σε άλλα πιάτα που περιέχουν συστατικά τα οποία έχουν βαθμολογίες στη βάση δεδομένων. Η διαδικασία πρόβλεψης, λοιπόν, προκύπτει από δύο φάσεις υπολογισμών. Στην πρώτη οι βαθμολογήσεις του χρήστη σε πιάτα επιμερίζονται στα συστατικά από τα οποία αποτελούνται αυτά τα πιάτα και στη δεύτερη αξιοποιούνται αυτές οι βαθμολογίες των συστατικών για την παραγωγή προβλέψεων σχετικών με τις προτιμήσεις του χρήστη σε νέα πιάτα. Στο Σχήμα 2, φαίνονται οι δύο αυτές φάσεις.



Σχήμα 3 – Η διαδικασία πρόβλεψης της βαθμολογίας ενός πιάτου περνάει από δύο φάσεις.

Με τη διαδικασία που περιγράφεται παραπάνω το σύστημα παράγει προτάσεις πιάτων στο χρήστη, βασισμένο στις προτιμήσεις του για άλλα πιάτα. Όμως για την παραγωγή διατροφικών προτάσεων που είναι περισσότερο υγιεινές το σύστημα οφείλει να συμπεριλάβει στη διαδικασία πρόβλεψης δεδομένα που αφορούν τις διατροφικές ιδιαιτερότητες του κάθε χρήστη, δηλαδή τις καθημερινές του ανάγκες σε βασικά συστατικά όπως λιπαρά ή νάτριο αλλά και ιδιαιτερότητες που προκύπτουν από χρόνιες παθήσεις οι οποίες θέτουν περιορισμούς στις διατροφικές επιλογές του χρήστη.

Για την εισαγωγή των διατροφικών αναγκών στη διαδικασία υπολογισμού των προτάσεων προτιμήθηκε η λογική των συμπερασματικών ή επαγωγικών κανόνων (inference rules). Οι επαγωγικοί αυτοί κανόνες, είναι συναρτήσεις από σύνολα προτάσεων σε προτάσεις. Το όρισμα της κάθε συνάρτησης είναι ένα σύνολο προϋποθέσεων για τη ταξινόμηση των πιάτων ανάλογα με τις περιεκτικότητές τους σε βασικά συστατικά όπως τα λιπαρά, το νάτριο και τα σάκχαρα ή ένα σύνολο προϋποθέσεων που απορρίπτουν ή όχι πιάτα για συγκεκριμένες χρόνιες παθήσεις (π.χ. πιάτα πλούσια σε σάκχαρα πρέπει να απορρίπτονται για χρήστη με χρόνια διαβήτη). Η τιμή της συνάρτησης είναι ένα σύνολο δράσεων που ενεργοποιούνται αν ικανοποιούνται οι προϋποθέσεις (π.χ. απόρριψη ενός πιάτου λόγω πολλών λιπαρών για χρήστη με υψηλή χοληστερίνη).

Τελικά, κρίθηκε αναγκαία η ανάπτυξη ενός αλγορίθμου που συνδυάζει τα παραπάνω δεδομένα για την παραγωγή ορθότερων διατροφικών προτάσεων. Ο αλγόριθμος αυτός παρουσιάζεται στην παράγραφο 3.6.

3.3 Προφίλ χρήστη

Μετά την είσοδο στο σύστημα, εμφανίζονται στο χρήστη τυχαία πιάτα προς βαθμολόγηση. Λαμβάνεται ειδική μέριμνα για πιάτα που έχουν βαθμολογηθεί και στο παρελθόν. Επιπλέον, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να βαθμολογήσει τα πιάτα που του προτείνει το σύστημα, προσφέροντας έτσι τη γνώμη του για την ακρίβεια των προβλέψεων. Αυτές οι βαθμολογήσεις αξιοποιούνται για την παραγωγή ορθότερων προτάσεων μελλοντικά.

Μία από τις βασικές προκλήσεις της ανάπτυξης ενός συστήματος διατροφικών προτάσεων είναι η συλλογή αρκετών πληροφοριών για το χρήστη. Τα δεδομένα που χρειάζεται το σύστημα για να παράξει προσωποποιημένες προτάσεις είναι :

- Ανάγκες του χρήστη σε θρεπτικά συστατικά
- Χρόνιες παθήσεις του χρήστη
- Βαθμολογήσεις του χρήστη σε συγκεκριμένα πιάτα

Τα θρεπτικά συστατικά είναι :

- Ενέργεια
- Λιπαρά
- Υδατάνθρακες
- Φυτικές ίνες
- Πρωτεΐνες
- Αλάτι

Οι ασθένειες που λαμβάνονται υπόψιν στην παραγωγή των προτάσεων είναι η αναιμία και η υπεργλυκαιμία. Ασθένειες, δηλαδή που σχετίζονται άμεσα με τη πρόσληψη συγκεκριμένων θρεπτικών συστατικών.

Κάθε χρήστης έχει προσλήψεις αναφοράς για ιχνοστοιχεία και βιταμίνες για κάθε συστατικό με βάση τον Ε.Κ. 1169/2011

Βιταμίνη Α (μg) 800	Χλώριο (mg) 800
Βιταμίνη D (μg) 5	Ασβέστιο (mg) 800
Βιταμίνη Ε (mg) 12	Φωσφόρος (mg) 700

Βιταμίνη Κ (μg) 75	Μαγνήσιο (mg) 375
Βιταμίνη C (mg) 80	Σίδηρος (mg) 14
Θειαμίνη (mg) 1,1	Ψευδάργυρος (mg) 10
Ριβοφλαβίνη (mg) 1,4	Χαλκός (mg) 1
Νιασίνη (mg) 16	Μαγγάνιο (mg) 2
Βιταμίνη Β6 (mg) 1,4	Φθόριο (mg) 3,5
Φολικό οξύ (μg) 200	Σελήνιο (μg) 55
Βιταμίνη Β12 (μg) 2,5	Χρώμιο (μg) 40
Βιοτίνη (μg) 50	Μολυβδαίνιο (μg) 50
Παντοθενικό οξύ (mg) 6	Ιώδιο (μg) 150
Κάλιο (mg) 2 000	

Ο παγκόσμιος οργανισμός υγείας παρέχει γενικές οδηγίες σχετικά με τις διατροφικές ανάγκες των ανθρώπων (38). Πιο ειδικές οδηγίες για πιάτα που επιτρέπονται σε χρήστες με συγκεκριμένες χρόνιες παθήσεις είναι διαθέσιμες από εξειδικευμένους ιατρούς ή διατροφολόγους. Οπότε, οι βαθμολογήσεις του χρήστη για συγκεκριμένα πιάτα είναι η μοναδική πηγή πληροφοριών που απαιτεί την άμεση αλληλεπίδραση με το χρήστη και απαιτεί τη συνεχή συνεργασία του. Για την ομαλή συνεργασία με τους χρήστες το σύστημα πρέπει να φροντίζει να παίρνει με άμεσο τρόπο τη γνώμη τους για τα πιάτα (π.χ. ζητάει να βαθμολογήσουν συγκεκριμένα πιάτα) και να ενθαρρύνει τη συμμετοχή τους (π.χ. η βαθμολόγηση κάποιων πιάτων είναι απαραίτητη προϋπόθεση για να δει ο χρήστης τις προτάσεις του συστήματος).

Οι παραπάνω πληροφορίες (ανάγκες σε θρεπτικά συστατικά, χρόνιες παθήσεις, βαθμολογήσεις πιάτων) πρέπει να αναπαρασταθούν με τρόπο που να μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τον αλγόριθμο υπολογισμού προτιμήσεων που υπολογίζει τις προτάσεις πιάτων. Οι ανάγκες σε θρεπτικά συστατικά και το ιατρικό ιστορικό του χρήστη (το σύστημα περιορίζεται μόνο σε χρόνιες παθήσεις που αποδεδειγμένα έχουν σχέση με τις διατροφικές συνήθειες ενός ατόμου) αναπαρίστανται με τη μορφή επαγωγικών κανόνων. Οι βαθμολογήσεις του χρήστη αποθηκεύονται σε μία βάση δεδομένων στην οποία έχει πρόσβαση το σύστημα.

3.4 Προφίλ πιάτου

Το πιάτο στο σύστημα προτάσεων της παρούσης διπλωματικής αναπαρίσταται από ένα σύνολο χαρακτηριστικών που περιλαμβάνουν διατροφικές πληροφορίες, συστατικά του πιάτου και βαθμολογίες που έχουν δώσει οι χρήστες για αυτό το πιάτο.

Έτσι, κάθε πιάτο συνδέεται με συγκεκριμένα συστατικά στη βάση δεδομένων του συστήματος. Από τα συστατικά αυτά προκύπτουν οι διατροφικές πληροφορίες του πιάτου. Τα δεδομένα για τη διατροφική αξία κάθε συστατικού προέρχονται από τη βάση δεδομένων θρεπτικών συστατικών USDA. Η USDA είναι μία βάση δεδομένων που έχει δημιουργήσει και συντηρεί το υπουργείο γεωργίας των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής και περιέχει τις διατροφικές πληροφορίες για πολλές πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται στη δημιουργία πολλών γνωστών πιάτων. Η πρόσβαση στη βάση δεδομένων USDA πραγματοποιείται μέσω διαδικτύου.

Τέλος, κάθε πιάτο κρατά τις βαθμολογίες που του έχουν βάλει οι χρήστες. Συγκεκριμένα κάθε βαθμολογία που δίνει ο χρήστης μέσω της διεπαφής, συνδέεται με κάποιο πιάτο της βάσης δεδομένων.

Η συγκεκριμένη μοντελοποίηση κάνει δυνατή τη χρήση επαγωγικών κανόνων για τον προσδιορισμό ακατάλληλων, για συγκεκριμένους χρήστες, πιάτων (ανάλογα με τις ασθένειες του χρήστη ή τις ιδιαίτερες ανάγκες του για θρεπτικά συστατικά). Στην επόμενη ενότητα περιγράφεται η μοντελοποίηση των επαγωγικών κανόνων και στην ενότητα 4.5 αναλύεται η υλοποίησή τους.

3.5 Επαγωγικοί κανόνες

Οι πληροφορίες που εξάγει το σύστημα από κανόνες βασίστηκαν σε γενικές προτάσεις διατροφολόγων. Οι προτάσεις αυτές χρησιμοποιώντας ένα συντάκτη κανόνων μπορούν να μετατραπούν σε γνώση αξιοποιήσιμη από το σύστημα.

Τα στοιχεία που υπάρχουν στο προφίλ του χρήστη και λαμβάνονται υπόψη στους κανόνες είναι η ύπαρξη ιστορικού υγείας, το φύλο, το βάρος και το ύψος.

Σχετικά με το ιστορικό υγείας, υπάρχουν κανόνες που ρυθμίζουν την επιλογή πιάτων για χρήστες με ασθένειες που αποδεδειγμένα συνδέονται άμεσα με τη διατροφή. Ασθένειες δηλαδή όπως αναιμία, διαβήτης τύπου 2, δυσκοιλιότητα, κοιλιοκάκη, δυσανεξία στη λακτόζη, υψηλή αρτηριακή πίεση και αυξημένα επίπεδα χοληστερόλης.

Τα στοιχεία φύλο, βάρος και ύψος χρησιμοποιούνται από το σύστημα για τον υπολογισμό του δείκτη μάζας σώματος (ΔΜΣ).

$$\Delta\text{Μ}\Sigma = \text{ΒΑΡΟΣ} / ((\text{ΥΨΟΣ} / 100) * (\text{ΥΨΟΣ} / 100))$$

Ο ορισμός Δείκτης μάζας σώματος (ΔΜΣ, body mass index (BMI), ή Quetelet index) είναι μία γενική ιατρική ένδειξη για τον υπολογισμό του βαθμού παχυσαρκίας ενός ατόμου. Λόγω του εύκολου υπολογισμού του είναι ένα ευρέως διαδεδομένο διαγνωστικό εργαλείο των πιθανών προβλημάτων υγείας ενός ατόμου σε σχέση με το βάρος του. Εξαρτάται πάρα πολύ από το φύλο, την ηλικία και το σωματότυπο του ατόμου. Άτομα που αθλούνται ή έχουν γενικά αρκετούς μυς έχουν μεγαλύτερο ΔΜΣ χωρίς να έχουν περισσότερο λίπος. Άτομα που λόγω ηλικίας ή παθήσεων έχουν χάσει μυϊκή μάζα θα έχουν μικρότερο ΔΜΣ χωρίς αυτό να σημαίνει πως έχουν λιγότερο λίπος. Επίσης άτομα στα οποία λείπει τμήμα του σώματος (κάποιο άκρο ή κάποιο όργανο του σώματος) θα έχουν μικρότερο ΔΜΣ (39).

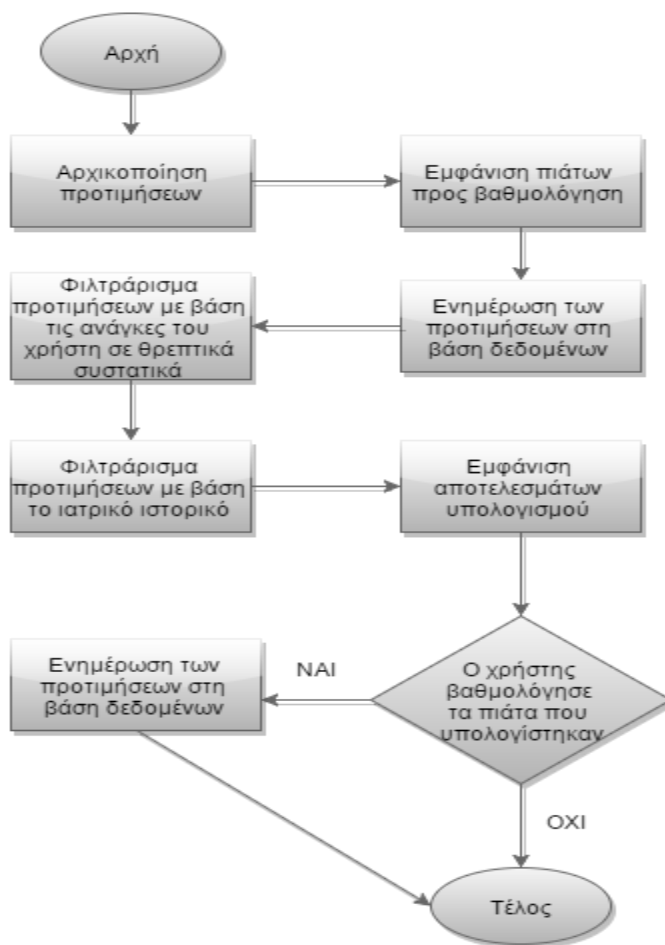
Ο ΔΜΣ μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε κάποια μελλοντική επέκταση του συστήματος, όπως για τον υπολογισμό ημερήσιων ενεργειακών αναγκών (HEA) του χρήστη (δηλαδή τις θερμίδες που ο χρήστης καίει και πρέπει να προσλαμβάνει καθημερινά, οι θερμίδες αυτές εξαρτώνται από το ύψος, το βάρος, το φύλο και το επίπεδο σωματικής δραστηριότητας).

Τέλος, με χρήση επαγωγικών κανόνων το σύστημα υπολογίζει τις ημερήσιες ανάγκες του χρήστη σε μακροθρεπτικά συστατικά (υδατάνθρακες, λιπαρά, πρωτεΐνες, φυτικές ίνες). Παρουσιάζονται ενδεικτικά κανόνες σε ψευδοκώδικα, με συντακτικό παρόμοιο με αυτό της γλώσσας C, για τις φυτικές ίνες και τα λιπαρά.

- ΦΥΤΙΚΕΣ ΙΝΕΣ (g) = IF(ΙΑΤΡΙΚΟ ΙΣΤΟΡΙΚΟ=ΥΠΕΡΤΑΣΗ OR ΥΠΕΡΧΟΛΗΣΤΕΡΟΛΑΙΜΙΑ OR ΔΙΑΒΗΤΗΣ 2 OR ΔΥΣΚΟΙΛΙΟΤΗΤΑ= 0,02*HEA;0,014*HEA)
- ΚΟΡΕΣΜΕΝΑ ΛΙΠΑΡΑ (g) = IF(ΙΑΤΡΙΚΟ ΙΣΤΟΡΙΚΟ=ΥΠΕΡΤΑΣΗ OR ΥΠΕΡΧΟΛΗΣΤΕΡΟΛΑΙΜΙΑ OR ΔΙΑΒΗΤΗΣ 2; HEA /9*0,06; HEA /9*0,09)

3.6 Αλγόριθμος υπολογισμού προτιμήσεων

Με βάση τα όσα συλλέγονται από το σύστημα, δηλαδή οι πληροφορίες των πιάτων, οι βαθμολογήσεις πιάτων του χρήστη και τα χαρακτηριστικά του (ιατρικό ιστορικό, ιδιαίτερες διατροφικές ανάγκες), παράγονται κάποιες προτιμήσεις, οι οποίες χρησιμεύουν στον καθορισμό των πιάτων που θα προταθούν τελικά στο χρήστη. Ο αλγόριθμος που χρησιμοποιήθηκε για την παραγωγή αυτών των προτιμήσεων φαίνεται μέσω του διαγράμματος ροής στο Σχήμα 4.



Σχήμα 4 - Διάγραμμα ροής υπολογισμού προτιμήσεων

Αρχικά, το σύστημα παίρνει κάποιες πληροφορίες από το προφίλ του χρήστη. Οι πληροφορίες αυτές αφορούν μακροχρόνιες ασθένειες που σχετίζονται με τη διατροφή και χαρακτηριστικά όπως ύψος και βάρος για να καθορίσει τις ανάγκες σε θρεπτικά συστατικά.

Στη συνέχεια παρουσιάζει στο χρήστη δέκα επιλεγμένα πιάτα προς βαθμολόγηση. Μόλις ο χρήστης βαθμολογήσει τα πιάτα, ο αλγόριθμος αποδομεί αυτές τις βαθμολογίες πιάτων σε βαθμολογίες συστατικών πιάτων και ενημερώνει στη βάση δεδομένων τις προτιμήσεις του για αυτά συστατικά. Η λογική για την ενημέρωση των προτιμήσεων για συστατικά (πρώτες ύλες από τις οποίες αποτελούνται τα φαγητά της βάσης δεδομένων) παρουσιάζεται στην παράγραφο 3.2.

Τέλος ο αλγόριθμος συνδυάζει τα τρία δεδομένα : ιατρικό ιστορικό, ανάγκες για θρεπτικά συστατικά και προτιμήσεις συστατικών. Οι προτιμήσεις που καθορίζονται από όλη αυτή τη διαδικασία, είναι αυτές που καθορίζουν τα πιάτα που θα παράξει το σύστημα. Στο σχήμα 5 φαίνονται τα δεδομένα που αξιοποιεί ο αλγόριθμος και η έξοδος που παράγει.



Σχήμα 5 – Η διαδικασία πρότασης πιάτων

Πιο συγκεκριμένα, ο αλγόριθμος αρχικά επιλέγει επαγωγικούς κανόνες για να φιλτράρει πιάτα ανάλογα με το ιατρικό ιστορικό του χρήστη και τις ιδιαίτερες διατροφικές του ανάγκες σε θρεπτικά συστατικά. Το σύστημα κανόνων αναλύεται στην παράγραφο 4.3.

Στη συνέχεια, για κάθε ένα από τα πιάτα που βαθμολόγησε ο χρήστης ακολουθείται η παρακάτω διαδικασία ώστε να ενημερωθούν οι βαθμολογίες των βασικών συστατικών από τα οποία αποτελείται το κάθε πιάτο που βαθμολογήθηκε. Οι διαδικασίες που παρουσιάζονται στη συνέχεια είναι γραμμένες σε ψευδοκώδικα που βασίζεται στη βασική δομή της γλώσσας προγραμματισμού C.

Διαδικασία υπολογισμού βαθμολογήσεων των επιμέρους συστατικών

Αρχή

Επέλεξε όλα τα συστατικά του πιάτου που βαθμολογήθηκε

Για κάθε συστατικό επανέλαβε {

 Αν το συστατικό έχει ξαναβαθμολογηθεί τότε {

```
Βαθμολογία_συστατικού = (βαθμολογία_πιάτου + (
φορές_που_βαθμολογήθηκε_το_συστατικό * υπάρχουσα_βαθμολογία_συστατικού ) /
(φορές_που_βαθμολογήθηκε_το_συστατικό + 1) ;
```

```
φορές_που_βαθμολογήθηκε_το_συστατικό ++ ;
```

```
}
```

```
Διαφορετικά {
```

```
Βαθμολογία_συστατικού = βαθμολογία_πιάτου ;
```

```
φορές_που_βαθμολογήθηκε_το_συστατικό = 1 ;
```

```
}
```

```
Τέλος επανάληψης
```

```
}
```

```
Τέλος
```

Τελικά, αφού ο αλγόριθμος έχει ενημερώσει τη βάση δεδομένων με τις νέες πληροφορίες από τις βαθμολογίες των πιάτων και έχει φιλτράρει τα πιάτα με τους επαγωγικούς κανόνες με βάση το ιατρικό ιστορικό και τις διατροφικές ανάγκες του χρήστη θα παράξει τις τελικές προτάσεις πιάτων. Η παραγωγή των προτάσεων αυτών γίνεται με την παρακάτω διαδικασία.

Διαδικασία παραγωγής των προτάσεων

Αρχή

```
Αρχικοποίηση μεταβλητών {
```

```
Μετρητής = 0 ;
```

```
Άθροισμα = 0 ;
```

```
}
```

```
Για κάθε πιάτο που υπάρχει στη βάση δεδομένων {
```

```
Φτιάξε μία λίστα με τα επιμέρους συστατικά του ;
```

```
Για κάθε συστατικό της λίστας {
```

```
Άθροισμα += Βαθμολογία_συστατικού ;
```


Μετρητής ++ ;

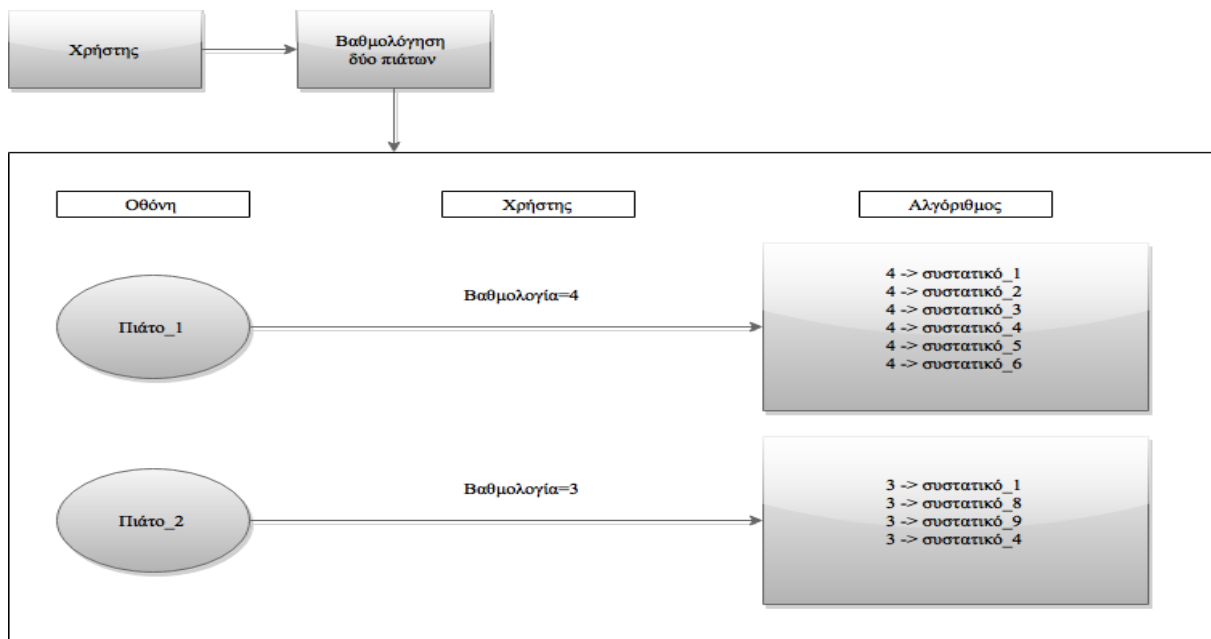
Βαθμολογία_πιάτου = Άθροισμα / Μετρητής ;

}

Ταξινομήσε τα πιάτα της βάσης δεδομένων, ανάλογα με τη βαθμολογία που πήραν με την προηγούμενη διαδικασία κατά φθίνουσα σειρά

Τέλος

Μόλις ολοκληρωθεί η διαδικασία παραγωγής των προτάσεων που παρουσιάστηκε παραπάνω, εμφανίζονται τα πιάτα που προτείνει το σύστημα στο χρήστη με φθίνουσα σειρά προτίμησης. Ο αλγόριθμος ολοκληρώνεται με μία ακόμα κλήση της Διαδικασίας υπολογισμού βαθμολογήσεων των επιμέρους συστατικών, όπου ζητείται από το χρήστη να βαθμολογήσει τις προτάσεις-πιάτα που του παρουσίασε η διαδικασία παραγωγής προτάσεων. Αυτές οι βαθμολογίες χρησιμεύουν σαν ανατροφοδότηση για καλύτερες προτάσεις σε μελλοντικές χρήσεις του συστήματος.



Σχήμα 6 – Η βαθμολόγηση δύο πιάτων από το χρήστη και η βαθμολόγηση των επιμέρους συστατικών από τον αλγόριθμο, στην περίπτωση που τα συστατικά δεν έχουν ξαναβαθμολογηθεί στο παρελθόν από τον συγκεκριμένο χρήστη

4

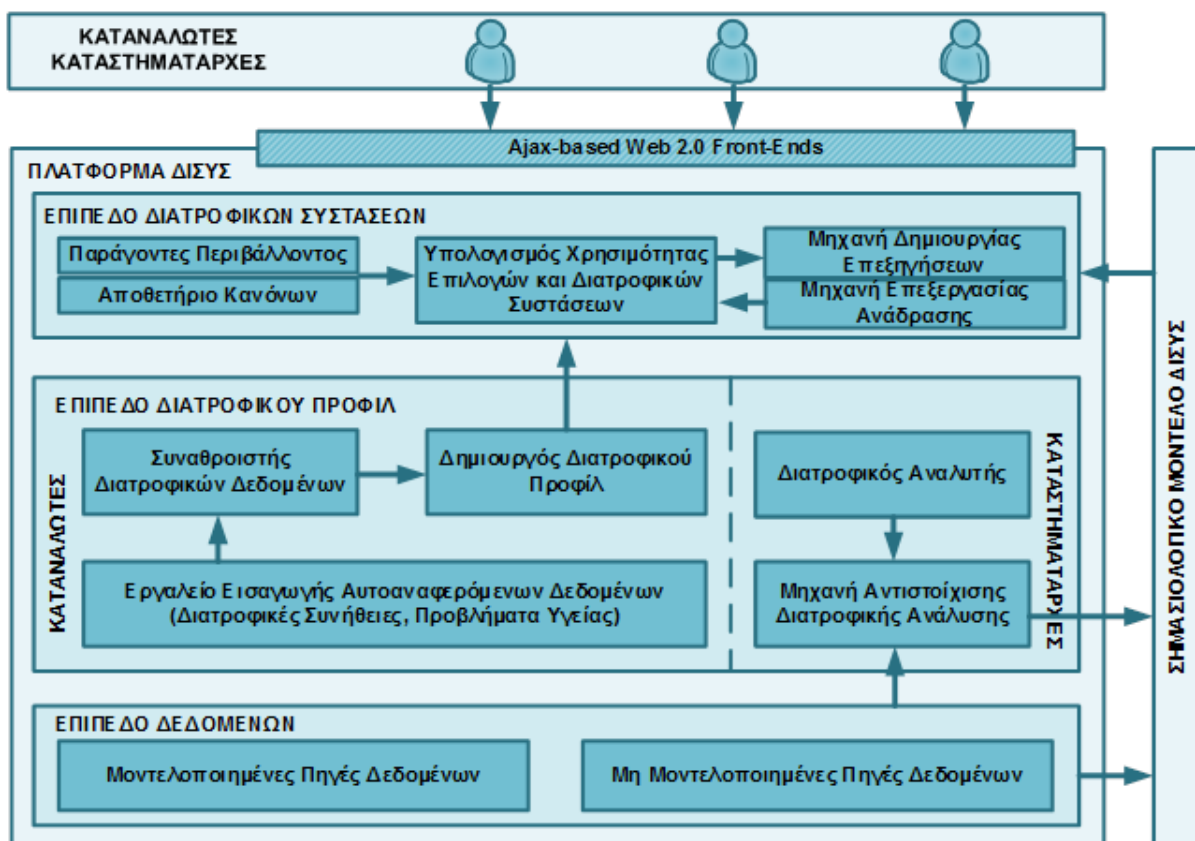
Υλοποίηση συστήματος

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται ο σχεδιασμός του συστήματος, της γενικής λειτουργίας του, των επιμέρους τμημάτων που το αποτελούν, καθώς και των σκοπών που εξυπηρετεί το καθένα. Αναλύονται κάποια ζητήματα υλοποίησης του συστήματος, η περιγραφή των οποίων κρίνεται απαραίτητη για την κατανόηση της λειτουργίας του. Αναλύονται επίσης τα επιμέρους μέρη του συστήματος αλλά και η τεχνολογία που χρησιμοποιήθηκε για την ανάπτυξή τους και παρατίθενται στιγμιότυπα από τη διεπαφή χρήστη.

Αρχικά παρουσιάζεται η διαδικτυακή πλατφόρμα Play στην οποία βασίστηκε ο αρχιτεκτονικός σχεδιασμός του συστήματος και οι κλάσεις που αναπτύχθηκαν. Στη συνέχεια παρουσιάζεται η διεπαφή χρήστη και παρατίθενται τα στιγμιότυπα της οθόνης από τη χρήση της εφαρμογής. Ακολούθως γίνεται μία ανάλυση της βάσης δεδομένων MySQL που σχεδιάστηκε για να υποστηρίξει το σύστημα. Τέλος, γίνεται μία εισαγωγή στο σύστημα διαχείρισης κανόνων Drools που χρησιμοποιήθηκε για την ανάπτυξη και εισαγωγή λογικών κανόνων στον αλγόριθμο υπολογισμού προτιμήσεων και παρουσιάζονται οι υλοποιημένοι κανόνες.

Το σύστημα που υλοποιήθηκε για τη διπλωματική εργασία, ενοποιήθηκε με μία εφαρμογή υπολογισμού διατροφικών συστάσεων σχεδιασμένη και υλοποιημένη στα πλαίσια του έργου ΔΙΣΥΣ.

Η αρχιτεκτονική του συστήματος ΔΙΣΥΣ φαίνεται στο Σχήμα 14, η ενοποίηση της παρούσης διπλωματικής με το έργο γίνεται στον υπολογισμό χρησιμότητας επιλογών και διατροφικών συστάσεων στο επίπεδο διατροφικών συστάσεων της αρχιτεκτονικής.



Σχήμα 7 – Η αρχιτεκτονική του ΔΙΣΥΣ (πηγή: (18))

4.1 Γενικά

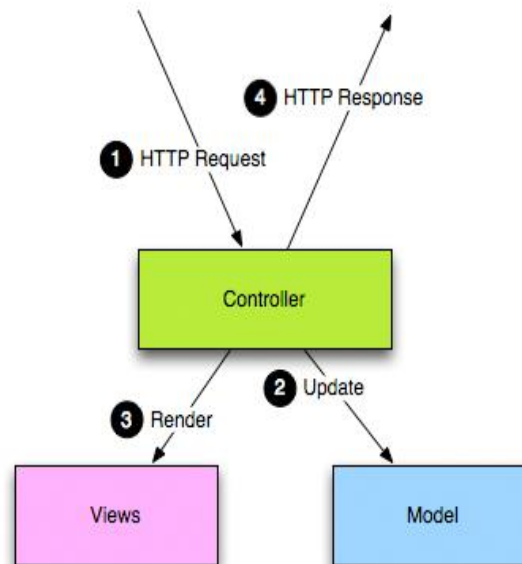
Στόχος του συστήματος είναι η παραγωγή διατροφικών προτάσεων, λαμβάνοντας υπόψιν τις ιδιαίτερες προτιμήσεις του χρήστη. Για το σκοπό αυτό, το σύστημα συλλέγει τις προτιμήσεις του χρήστη και τα προσωπικά στοιχεία των χρηστών, τα οποία επεξεργάζεται με τον αλγόριθμο παραγωγής προτάσεων που παρουσιάζεται στο τελευταίο μέρος του κεφαλαίου. Το σύστημα σχεδιάστηκε με βάση την αρχιτεκτονική model-view-controller (MVC) (40) του play framework (41). Έτσι το σύστημα διασπάται σε τρεις μονάδες :

- τη μονάδα μοντέλο (model) που περικλείει και μοντελοποιεί τις βασικές λειτουργίες και τα δεδομένα του συστήματος
- τη μονάδα παρουσίασης (view) που ορίζει τον τρόπο παρουσίασης των δεδομένων στο χρήστη
- τη μονάδα ελέγχου (controller) που διαχειρίζεται με τον κατάλληλο τρόπο την εισαγωγή πληροφοριών και αιτημάτων από το χρήστη

Η μονάδα μοντέλο είναι υπεύθυνη για την αναπαράσταση των πληροφοριών με τις οποίες λειτουργεί το σύστημα. Συγκεκριμένα το μοντέλο (app/models) ενθυλακώνει την αποθήκευση των πληροφοριών στη βάση δεδομένων.

Η μονάδα παρουσίασης είναι εμφανίζει τις πληροφορίες από τη βάση δεδομένων σε κατάλληλη μορφή η οποία επιτρέπει την αλληλεπίδραση με το χρήστη. Η μονάδα ελέγχου αξιοποιεί πληροφορίες από το επίπεδο της μονάδας μοντέλου και διαμορφώνει τη μονάδα παρουσίασης (app/views)

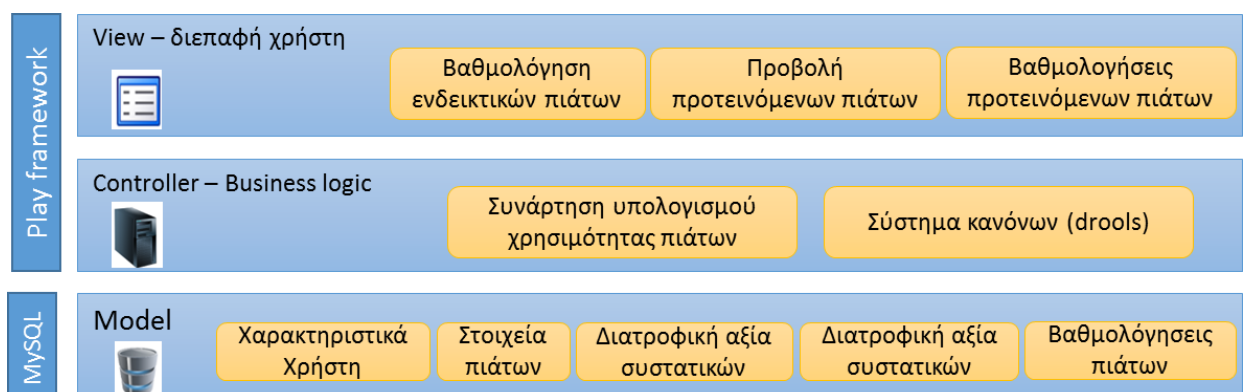
Η μονάδα ελέγχου (app/controller) είναι μία Java κλάση, όπου κάθε μέθοδος ανταποκρίνεται σε κάποιο συμβάν. Ως συμβάν ορίζεται η αποστολή κάποιο HTTP request. Η μέθοδος ανταποκρίνεται στο συμβάν εξάγοντας τα σχετικά δεδομένα από την απάντηση HTTP request ("HTTP request"), ενημερώνει τη μονάδα μοντέλου και τελικά στέλνει πίσω ένα αποτέλεσμα μέσα από μία απάντηση HTTP ("HTTP Response").



Εικόνα 4 – Model-View-Controller (Πηγή: (42))

Όλο το σύστημα υποστηρίζεται από μία βάση δεδομένων MySQL στην οποία αποθηκεύονται οι βαθμολογίες των πιάτων, οι προτιμήσεις των χρηστών και τα προσωπικά τους στοιχεία.

Στο παρακάτω σχήμα, φαίνεται το ολοκληρωμένο σύστημα ενώ στις ενότητες που ακολουθούν αναλύονται τα επιμέρους στοιχεία.



Σχήμα 8 – Γενική περιγραφή συστήματος

4.2 Business logic

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται αρχικά η βασική δομή και οι βασικές λειτουργίες του συστήματος μέσω μίας σύνοψη της αρχιτεκτονικής του play framework (42). Στην συνέχεια παρουσιάζεται μία περισσότερο λεπτομερής ανάλυση κάθε επιμέρους τμήματος του συστήματος, εξηγώντας με λεπτομέρειες πώς τα μεμονωμένα στοιχεία αλληλεπιδρούν και τι ρόλο συγκεκριμένα επιτελούν.

4.2.1 Play Framework

Το Play Framework είναι μία ανοικτού κώδικα πλατφόρμα ανάπτυξης διαδικτυακών εφαρμογών γραμμένη σε Java και Scala. Ακολουθεί το αρχιτεκτονικό μοτίβο εν-δυνάμει κλήσης model-view-controller.

4.2.1.1 Πλεονεκτήματα

Για την ανάπτυξη του συστήματος επιλέχθηκε η συγκεκριμένη πλατφόρμα κυρίως λόγω της μεταφερσιμότητας του κώδικα, την ευκολία εντοπισμού λαθών, το γεγονός ότι χρησιμοποιεί τη γλώσσα Java για ανάπτυξη των εφαρμογών και τέλος λόγω της μεγάλης ανοικτής κοινότητας που υποστηρίζει την πλατφόρμα.

Ένα ακόμα χαρακτηριστικό της πλατφόρμας που διευκολύνει την ανάπτυξη εφαρμογών είναι η αρθρωτή αρχιτεκτονική. Ουσιαστικά αποτελείται από ξεχωριστά κομμάτια που ενώνονται μαζί. Το θετικό αυτής της σχεδιαστικής επιλογής είναι ότι δίνει τη δυνατότητα στον προγραμματιστή να αντικαταστήσει ή να προσθέσει δυνατότητες στην πλατφόρμα χωρίς να επηρεάσει τα υπόλοιπα συστατικά στοιχεία της. Η ανάπτυξη του συστήματος διατροφικών προτάσεων που παραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο της παρούσης διπλωματικής εργασίας ακολούθησε αυτή τη λογική.

Μία σημαντική διαφορά του Play Framework με άλλες πλατφόρμες ανάπτυξης διαδικτυακών εφαρμογών βασισμένες σε Java είναι το πρωτόκολλο επικοινωνίας που χρησιμοποιεί. Το πρωτόκολλο stateless (43), το οποίο διαχειρίζεται κάθε αίτημα σαν ανεξάρτητη συναλλαγή η οποία δεν συνδέεται με κάποιο προηγούμενο αίτημα. Έτσι η επικοινωνία αποτελείται από ανεξάρτητα ζεύγη αιτήματος-απάντησης. Δημοφιλή παραδείγματα που βασίζονται σε αυτό το πρωτόκολλο είναι το Internet Protocol (IP) που αποτελεί τη βάση του διαδικτύου και το Hypertext Transfer Protocol (HTTP) που αποτελεί τη βάση της μεταφοράς δεδομένων στον παγκόσμιο ιστό.

4.2.1.2 Σημαντικές βιβλιοθήκες και ενσωματωμένες λειτουργίες

Στην παράγραφο αυτή παρουσιάζονται οι βασικές βιβλιοθήκες και ενσωματωμένες δυνατότητες της πλατφόρμας που επιτάχυναν την ανάπτυξη του συστήματος προτάσεων και εξασφάλισαν την επιλογή να αναπτυχθεί το σύστημα σαν ένωση πολλών επιμέρους ανεξάρτητων συστατικών μερών. Η έκδοση στην οποία αναπτύχθηκε το σύστημα είναι η 2.0.

Κατά την ανάπτυξη του συστήματος με το Play 2.0 (η έκδοση 2.0 του Play Framework), αξιοποιήθηκαν οι παρακάτω διάσημες βιβλιοθήκες Java:

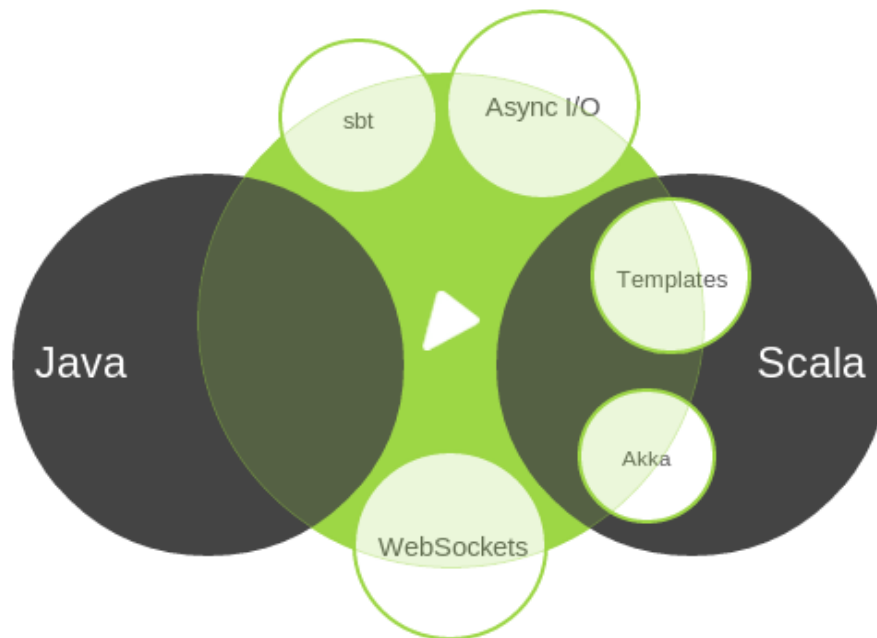
- JBoss Netty, για το σερβερ
- Ebean, για τη σύνδεση με τη βάση δεδομένων
- Scala, για τη μηχανή πρωτοτύπων

- Sbt, για τη διαχείριση εξαρτήσεων (44)

Οι παρακάτω λειτουργίες είναι ενσωματωμένες στον πυρήνα της πλατφόρμας και χρησιμοποιήθηκαν εκτενώς για την ανάπτυξη του συστήματος της διπλωματικής.

- RESTful framework
- Secure, ένα έτοιμο συστατικό που επιτρέπει την απλή πιστοποίηση του χρήστη
- Προγραμματιστή εργασιών
- Αναλυτή (parser) XML και JSON
- Ενσωματωμένη βάση δεδομένων και δοκιμαστικό πρόγραμμα για γρήγορο έλεγχο αρχικής λειτουργίας
- Δυνατότητα προσθήκης νέων συστατικών μερών όπως έχει ήδη αναφερθεί, λόγω της αρθρωτής αρχιτεκτονικής.
- Αναπτυγμένο με την εργαλειοθήκη Akka, το Play 2.0 προσέφερε προβλέψιμη και ελάχιστη κατανάλωση υπολογιστικών πόρων.

Τα παραπάνω χαρακτηριστικά της πλατφόρμας συνοψίζονται στο επόμενο σχήμα



Σχήμα 9 – Γενική περιγραφή συστήματος (Πηγή: (42))

4.2.2 Οι υλοποιημένες κλάσεις

Οι κλάσεις αυτές αναπτύχθηκαν σε Java και Scala, για την πλατφόρμα Play. Είναι υπεύθυνες για τον αλγόριθμο υπολογισμού των προτεινόμενων πιάτων, την επικοινωνία με τη βάση δεδομένων και την επικοινωνία, μέσω της διεπαφής, με τον τελικό χρήστη.

4.2.2.1 Η κλάση calculateIngredientRatings

Η κλάση αυτή ανανεώνει τη βάση δεδομένων με τις νέες βαθμολογίες των συστατικών ενός πιάτου που προκύπτουν από το συνδυασμό νέων βαθμολογιών του χρήστη μέσω της διεπαφής και παλαιών χρήσεων του συστήματος. Η νέα βαθμολογία ενός συστατικού προκύπτει με χρήση του τύπου του αθροιστικού κινητού μέσου :

$$C_{n+1} = \frac{x_{n+1+n} \cdot C_n}{n+1}$$

C_{n+1} : η νέα βαθμολογία του συστατικού C που θα αποθηκευτεί στη βάση δεδομένων

C_n : η βαθμολογία του C που υπήρχε στη βάση δεδομένων

x_{n+1} : η βαθμολογία που προκύπτει από τη τελευταία βαθμολόγηση του πιάτου που περιέχει το C από το χρήστη

n : ένας μετρητής που δείχνει τις φορές που ο χρήστης έχει βαθμολογήσει πιάτο το οποίο περιέχει το C.

Επιλέχθηκε ο κινητός μέσος για να εξομαλυνθούν ακραίες βαθμολογήσεις πιάτων και κατ' επέκταση συστατικών.

4.2.2.2 Η κλάση `runDishRules`

Η κλάση αυτή εκτελεί τους κανόνες για το ιατρικό ιστορικό και τη διατροφική αξία των πιάτων και δημιουργεί μία λίστα με τα πιάτα που προκρίνονται.

4.2.2.3 Η κλάση `getPreferenceForDish`

Στην κλάση αυτή υπολογίζεται τη συνολική βαθμολογία του πιάτου σαν μέσος όρο των βαθμολογήσεων των συστατικών του. Αν κάποιο συστατικό του πιάτου δεν έχει βαθμολογηθεί ακόμα, τότε δεν λαμβάνεται υπόψιν στον υπολογισμό της βαθμολογίας του πιάτου.

4.2.2.4 Η κλάση `getRecommendations`

Η κλάση αυτή ταξινομεί τα πιάτα που έχει επιλέξει ο αλγόριθμος ώστε να εμφανιστούν στο χρήστη κατά φθίνουσα σειρά προτίμησης. Δηλαδή, το πιάτο που ο αλγόριθμος προτείνει ως το πιο κατάλληλο για το χρήστη θα εμφανιστεί πρώτο.

4.2.2.5 Το αρχείο `customerSearchMeal.scala`

Το αρχείο αυτό περιλαμβάνει τον κώδικα (scala, jQuery, CSS, HTML) που χρησιμοποιείται για να δημιουργηθεί το γραφικό περιβάλλον με το οποίο αλληλεπιδρά ο χρήστης. Εδώ πραγματοποιείται η κλήση των κλάσεων που παρουσιάστηκαν παραπάνω όταν ενεργοποιηθούν κάποιες συνθήκες (triggers) (π.χ μόλις ο χρήστης βαθμολογήσει τα πιάτα και πατήσει "Next").

Η Scala είναι μια γλώσσα προγραμματισμού πολλαπλών παραδειγμάτων που σχεδιάστηκε για να ενσωματώσει χαρακτηριστικά του αντικειμενοστρεφούς προγραμματισμού και του συναρτησιακού προγραμματισμού (45). Η Scala εκτελείται στην εικονική μηχανή της πλατφόρμας της Java.

4.2.2.6 Κλάσεις που διαχειρίζονται τη βάση δεδομένων

Τα αρχεία αυτά (π.χ `User.java`, `Medicalcondition.java`, `Dish.java`, `JoinCustomerIngredientsRating.java`) περιέχουν κλάσεις που επιτρέπουν τη σύνδεση της υπόλοιπης εφαρμογής με τη βάση δεδομένων. Οι κλάσεις αυτές περιγράφουν ουσιαστικά τη βάση δεδομένων και έχουν τις κατάλληλες εντολές για την αποτελεσματική αξιοποίηση της.

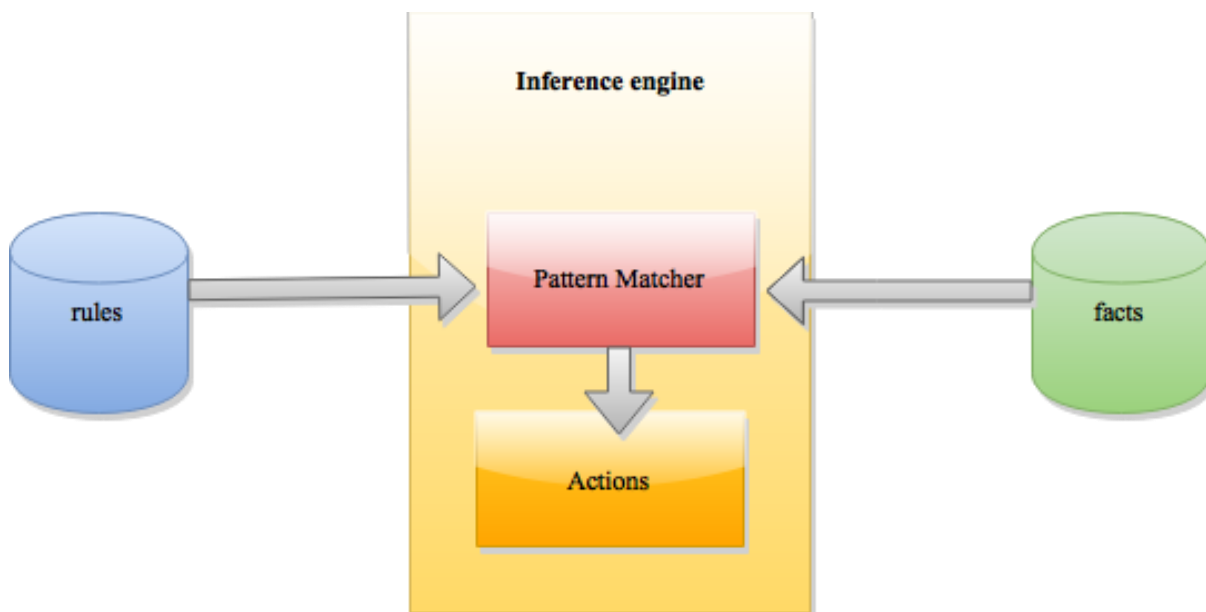
Τέλος, εισάγοντας τη βιβλιοθήκη Ebean, γίνονται ερωτήματα SQL προς τη βάση, σε γλώσσα Java.

4.3 Σύστημα κανόνων

Για την παραγωγή και την εφαρμογή των κανόνων, που περιγράφουν τη θρεπτική αξία των συστατικών των πιάτων αλλά και των περιορισμών που προκύπτουν από το ιατρικό ιστορικό του χρήστη, στον αλγόριθμο υπολογισμού διατροφικών προτάσεων χρησιμοποιήθηκε το εργαλείο Drools.

4.3.1 Εισαγωγή

Το Drools είναι ένα σύστημα διαχείρισης επιχειρηματικών κανόνων (Business Rule Management System – BRMS) (46) το οποίο επιτρέπει τη δημιουργία λογικών κανόνων χρησιμοποιώντας μία τροποποίηση του αλγορίθμου Rete. Ο αλγόριθμος αυτός παρέχει μία γενικευμένη λογική περιγραφή για την υλοποίηση των λειτουργιών του ταιριάσματος γεγονότων (facts matching) με κανόνες (rules). Ένας κανόνας αποτελείται από μία ή περισσότερες συνθήκες και μία ομάδα δράσεων που ενεργοποιούνται αν κάποιο γεγονός ταιριάζει με τις παραπάνω συνθήκες (47). Η μηχανή κανόνων του Drools βασίζεται τόσο σε συμπεράσματα «προς τα πίσω» όσο και σε συμπεράσματα «προς τα εμπρός» (forward and backward inference). Η γενική αρχιτεκτονική του συστήματος Drools φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 10 – Το σύστημα Drools

Το Drools επιτρέπει την διατύπωση των συνθηκών και κανόνων σε γλώσσα υψηλού επιπέδου και τη διατύπωση των ενεργειών-δράσεων σε περίπτωση ταιριάσματος σε γλώσσα Java.

Τέλος, προσφέρει μία πλούσια διεπαφή χρήστη που τρέχει στο διαδίκτυο, συντάκτες και μία ποικιλία εργαλείων που υποστηρίζουν και βοηθούν στην παραγωγή και διαχείριση των κανόνων.

Ο συνδυασμός όλων των προαναφερθέντων δίνει στο χρήστη του Drools την ευελιξία δημιουργίας κανόνων για κάθε περίπτωση, οι οποίοι επιτρέπουν στο σύστημα διατροφικών προτάσεων να αυτοματοποιήσει πολλές λειτουργίες που παλαιότερα απαιτούσαν ανθρώπινη πρωτοβουλία.

4.3.2 Οι υλοποιημένοι κανόνες

Για τις ανάγκες του συστήματος αναπτύχθηκαν συγκεκριμένοι κανόνες που ενσωματώνονται στον αλγόριθμο υπολογισμού προτιμήσεων του συστήματος. Οι κανόνες που αναπτύχθηκαν αξιοποιούν τις πληροφορίες που έχουν συλλεχθεί για τη διατροφική αξία των συστατικών και το ιατρικό ιστοικό του χρήστη. Η άμεση συνέπεια αυτού είναι ότι το σύστημα αποκτά τη δυνατότητα για παραγωγή προτάσεων που λαμβάνουν υπόψιν τις ιδιαιτερότητες της υγείας του κάθε χρήστη.

Οι υλοποιημένοι κανόνες είναι δυνατόν να απενεργοποιηθούν εύκολα, αφού το σύστημα έχει σχεδιαστεί με βάση την αρθρωτή αρχιτεκτονική του Play 2.0, όμως μια τέτοια κίνηση θα προκαλέσει σημαντικές αλλοιώσεις στα τελικά αποτελέσματα που παράγει το σύστημα.

Ακολουθούν οι βασικοί κανόνες που υλοποιήθηκαν για την περιεκτικότητα των πιάτων σε φυτικές ίνες, άλατα, σάκχαρα και λιπαρά. Οι κανόνες αυτοί αποτελούν τη βάση της λειτουργίας του αλγορίθμου για παραγωγή συστάσεων λαμβάνοντας υπόψιν και τη διατροφική αξία των πιάτων. Στη συνέχεια παρουσιάζονται κανόνες σχετικοί με την κατάσταση της υγείας του χρήστη.

4.3.2.1 Κανόνες για φυτικές ίνες

Οι κανόνες για φυτικές ίνες είναι υπεύθυνοι για την ταξινόμηση του πιάτου με γνώμονα την περιεκτικότητά του σε φυτικές ίνες.

Οι κανόνες είναι :

- Εάν το προϊόν περιέχει τουλάχιστον 3 g φυτικών ινών/100 g ή τουλάχιστον 1,5 g φυτικών ινών/ 100 kcal τότε το προϊόν είναι πηγή φυτικών ινών

```
rule "πηγή φυτικών ινών"  
  when  
    $p : Dish($fibers_per_100gr : fibers_per_100gr, $fibers_per_100kcal  
: fibers_per_100kcal,  
    ($fibers_per_100gr > 3 && $fibers_per_100gr <= 6) ||  
(fibers_per_100kcal > 1.5 && fibers_per_100kcal <= 3))  
  then  
    $p.getExplanations().put("Το προϊόν είναι πηγή φυτικών ινών.", 1.0)  
    System.out.println("Rule πηγή φυτικών ινών ");  
end
```

- Εάν το προϊόν περιέχει τουλάχιστον 6 g φυτικών ινών/100 g ή τουλάχιστον 3 g φυτικών ινών/100 kcal τότε το προϊόν έχει υψηλή περιεκτικότητα σε φυτικές ίνες

```
rule "υψηλή περιεκτικότητα σε φυτικές ίνες"  
  when  
    $p : Dish($fibers_per_100gr : fibers_per_100gr, $fibers_per_100kcal  
: fibers_per_100kcal,  
    ($fibers_per_100gr > 6) || (fibers_per_100kcal > 3))  
  then
```

```

        $p.getExplanations().put("Το προϊόν έχει υψηλή περιεκτικότητα σε
φυτικές ίνες.", 1.0)
        System.out.println("Rule υψηλή περιεκτικότητα σε φυτικές ίνες ");
end

```

4.3.2.2 Οι κανόνες για άλατα

Οι βασικοί κανόνες για το χαρακτηρισμό των πιάτων ανάλογα με την περιεκτικότητα σε άλατα των πιάτων είναι οι παρακάτω :

- Εάν το προϊόν δεν περιέχει περισσότερα από 0,0125 g αλατιού/100 g τότε το προϊόν δεν περιέχει αλάτι (χωρίς αλάτι).

```

rule "χαμηλή περιεκτικότητα σε αλάτι"
when
    $p : Dish($salt_per_100: salt_per_100,
              $salt_per_100 <= 0.3 && $salt_per_100
> 0.1 )
then
    $p.getExplanations().put("Το προϊόν έχει χαμηλή περιεκτικότητα σε
αλάτι ", 1.0)
    System.out.println("Rule χαμηλή περιεκτικότητα σε αλάτι ");
end

```

- Εάν το προϊόν δεν περιέχει περισσότερα από 0,3 g αλατιού/100 g ή 100 ml τότε το προϊόν έχει χαμηλή περιεκτικότητα σε αλάτι

```

rule "πολύ χαμηλή περιεκτικότητα σε αλάτι"
when
    $p : Dish($salt_per_100: salt_per_100,
              $salt_per_100 <= 0.1 && $salt_per_100
> 0.0125 )
then
    $p.getExplanations().put("Το προϊόν έχει πολύ χαμηλή περιεκτικότητα
σε αλάτι ", 1.0)
    System.out.println("Rule πολύ χαμηλή περιεκτικότητα σε αλάτι ");
end

```

- Εάν το προϊόν δεν περιέχει περισσότερα από 0,1 g αλατιού/100 g ή 100 ml τότε το προϊόν έχει πολύ χαμηλή περιεκτικότητα σε αλάτι. (Ο ισχυρισμός αυτός δεν χρησιμοποιείται για τα φυσικά μεταλλικά νερά και τα άλλα νερά).

```

rule "δεν περιέχει αλάτι"
when
    $p : Dish($salt_per_100 : salt_per_100,
              $salt_per_100 <= 0.0125 )
then
    $p.getExplanations().put("Το προϊόν δεν περιέχει αλάτι.", 1.0)
    System.out.println("Rule δεν περιέχει αλάτι ");
end

```

4.3.2.3 Ο κανόνας για σάκχαρα

Ο κανόνας που υλοποιήθηκε για τα σάκχαρα:

- Εάν το προϊόν δεν περιέχει περισσότερα από 0,5 g σακχάρων/100 g ή 100 ml τότε το προϊόν δεν περιέχει σάκχαρα (χωρίς σάκχαρα).

```
rule "χωρίς σάκχαρα"
  when
    $p : Dish($sugars_per_100 : sugars_per_100,
              $sugars_per_100 <= 0.5)
  then
    $p.getExplanations().put("Το προϊόν δεν περιέχει σάκχαρα ", 1.0)
    System.out.println("Rule χωρίς σάκχαρα ");
  end
```

4.3.2.4 Ο κανόνας για λιπαρά

- Εάν το προϊόν δεν περιέχει περισσότερα από 0,5 g λιπαρών/100 g ή 100 ml τότε το προϊόν δεν έχει λιπαρά (χωρίς λιπαρά).

```
rule "χωρίς λιπαρά"
  when
    $p : Dish($fats_per_100 : fats_per_100,
              $fats_per_100 <= 0.5)
  then
    $p.getExplanations().put("Το προϊόν δεν έχει λιπαρά ", 1.0)
    System.out.println("Rule χωρίς λιπαρά ");
  end
```

4.3.2.5 Κανόνες για ασθένειες

- Προτεραιότητα πιάτων για ασθενείς με υπεργλυκαιμία

```
rule "Excludes for users with HYPERURICEMIA"
  when
    $u : Profile(hasHyperuricemia == true)
    $dish : Dish($listOfIngredientsArray: listOfIngredientsArray,
                 $listOfIngredientsArray contains "Συκώτι" ||
                 $listOfIngredientsArray contains "νεφρά" ||
                 $listOfIngredientsArray contains "καρδιά" ||
                 $listOfIngredientsArray contains "πνεύμονες" ||
                 $listOfIngredientsArray contains "σπλήνα" ||
                 $listOfIngredientsArray contains "θύμος αδένας" ||
                 $listOfIngredientsArray contains "ξίγκι" ||
                 $listOfIngredientsArray contains "εντόσθια" ||
                 $listOfIngredientsArray contains "φασσιανός" ||
                 $listOfIngredientsArray contains "κουνέλι" ||
                 $listOfIngredientsArray contains "θύραμα" ||
                 $listOfIngredientsArray contains "γαύρος" ||
                 $listOfIngredientsArray contains "ρέγγα" ||
                 $listOfIngredientsArray contains "σκουμπρί" ||
                 $listOfIngredientsArray contains "σαρδέλλα" ||
                 $listOfIngredientsArray contains "μαρίδα" ||
                 $listOfIngredientsArray contains "πέστροφα" ||
                 $listOfIngredientsArray contains "μύδια" ||
                 $listOfIngredientsArray contains "καβούρι" ||
                 $listOfIngredientsArray contains "γαρίδες" ||
                 $listOfIngredientsArray contains "Μαλακόστρακα" ||
                 $listOfIngredientsArray contains "αυγοτάραχο" ||
                 $listOfIngredientsArray contains "χαβιάρι" ||
```

```

        $listOfIngredientsArray contains "ζωμός" ||
        $listOfIngredientsArray contains "CAMPBELL'S" ||
        $listOfIngredientsArray contains "σούπα" ||
        $listOfIngredientsArray contains "σάλτσα" ||
        $listOfIngredientsArray contains "σως" ||
        $listOfIngredientsArray contains "Μπύρα" ||
        $listOfIngredientsArray contains "σιρόπι καλαμποκιού υψηλής
περιεκτικότητας σε φρουκτόζη"
    )
    then
        $dish.exclude = true;
        System.out.println("Rule (excludes for users with
HYPERURICEMIA): " + $dish.exclude);
    end
end

```

- Προτεραιότητα πιάτων για ασθενείς με αναιμία

```

rule "Priorities for users with ANEMIA"
    when
        $u : Profile(hasAnemia == true)
        $dish : Dish($listOfIngredientsArrayStr:
listOfIngredientsArrayStr,
            $listOfIngredientsArrayStr contains "μύδια" ||
            $listOfIngredientsArrayStr contains
"Δημητριακά πρωινού" ||
            $listOfIngredientsArrayStr contains
"στρείδια" ||
            $listOfIngredientsArrayStr contains "συκώτι"
||
            $listOfIngredientsArrayStr contains "νεφρά"
||
            $listOfIngredientsArrayStr contains "καρδιά"
||
            $listOfIngredientsArrayStr contains
"πνεύμονες" ||
            $listOfIngredientsArrayStr contains "σπλήνα"
||
            $listOfIngredientsArrayStr contains "θύμος
αδένας" ||
            $listOfIngredientsArrayStr contains "φασόλια
σόγιας" ||
            $listOfIngredientsArrayStr contains
"κολοκύθα" ||
            $listOfIngredientsArrayStr contains "άσπρα
φασόλια" ||
            $listOfIngredientsArrayStr contains "Μελάσσα"
||
            $listOfIngredientsArrayStr contains "φακές"
||
            $listOfIngredientsArrayStr contains "σπανάκι"
||
            ($listOfIngredientsArrayStr contains "Βοδινό"
&& $listOfIngredientsArrayStr contains "λάπα") ||
            ($listOfIngredientsArrayStr contains "Βοδινό"
&& $listOfIngredientsArrayStr contains "στιρογγυλό") ||
            ($listOfIngredientsArrayStr contains "Βοδινό"
&& $listOfIngredientsArrayStr contains "παϊδάκι") ||
            ($listOfIngredientsArrayStr contains "Βοδινό"
&& $listOfIngredientsArrayStr contains "ουρά") ||

```

```

($listOfIngredientsArrayStr contains "Βοδινό"
&& $listOfIngredientsArrayStr contains "κινότο") ||
$listOfIngredientsArrayStr contains
"στρογγυλό" ||
||
$listOfIngredientsArrayStr contains "παϊδάκι"
||
$listOfIngredientsArrayStr contains "ουρά" ||
$listOfIngredientsArrayStr contains "κινότο" ||
||
$listOfIngredientsArrayStr contains
"«Φασόλια, νεφρών»" ||
$listOfIngredientsArrayStr contains
"«Φασόλια, κόκκινα (kidney)»" ||
$listOfIngredientsArrayStr contains
"σαρδέλλα" ||
||
$listOfIngredientsArrayStr contains "ρεβύθι"
||
$listOfIngredientsArrayStr contains "πάπια"
||
$listOfIngredientsArrayStr contains "Αρνί
(ώμος)" ||
$listOfIngredientsArrayStr contains "Χυμός
δαμάσκηνο" ||
||
$listOfIngredientsArrayStr contains "γαρίδες"
||
$listOfIngredientsArrayStr contains
"Μαυρομάτικα" ||
||
$listOfIngredientsArrayStr contains "« Πουρές
από δαμάσκηνο»" ||
||
$listOfIngredientsArrayStr contains
"«Φασόλια, λευκά»" ||
||
$listOfIngredientsArrayStr contains "« Λευκά
φασόλια, navy»" ||
||
$listOfIngredientsArrayStr contains "GUAVA"
||
$listOfIngredientsArrayStr contains "Κόκκινη
πιπεριά" ||
||
$listOfIngredientsArrayStr contains
"ακτινίδιο" ||
||
$listOfIngredientsArrayStr contains
"πορτοκάλι" ||
||
$listOfIngredientsArrayStr contains "πράσινη
πιπεριά" ||
||
$listOfIngredientsArrayStr contains
"Grapefruit" ||
||
$listOfIngredientsArrayStr contains
"φράουλες" ||
||
$listOfIngredientsArrayStr contains
"Λαχανάκια Βρυξελλών" ||
||
$listOfIngredientsArrayStr contains "Πεπόνια"
||
||
$listOfIngredientsArrayStr contains
"πεπονιού" ||
||
$listOfIngredientsArrayStr contains "Παπάγια"
||
||
$listOfIngredientsArrayStr contains
"Μπρόκολο" ||
||
$listOfIngredientsArrayStr contains "αρακάς"
||

```

```

"μπιζέλια" ||
                                $listOfIngredientsArrayStr contains
"Γλυκοπατάτα" ||
                                $listOfIngredientsArrayStr contains
"Κουνουπίδι" ||
                                $listOfIngredientsArrayStr contains
                                $listOfIngredientsArrayStr contains "Ανανάς"
||
                                $listOfIngredientsArrayStr contains
"σέσκουλο" ||
                                $listOfIngredientsArrayStr contains "ροβίτσα"
                                )
    then
        $dish.priority = 1;
        System.out.println("Rule (priorities for users with ANEMIA): " +
$dish.priority);
End

```

4.3.3 Σύνοψη

Τα στοιχεία για τους παραπάνω κανόνες προέρχονται από την αμερικάνικη ομοσπονική υπηρεσία USFDA (48).

Το σύστημα μπορεί να εμπλουτιστεί ώστε να καλύπτει ένα ευρύτερο φάσμα ασθενειών αλλά και για να χρησιμοποιηθεί σαν ολοκληρωμένο εργαλείο ελέγχου πρόσληψης των απαραίτητων θρεπτικών συστατικών καθημερινά με την προσθήκη περισσότερων λογικών κανόνων. Η βελτίωση αυτή παρουσιάζεται αναλυτικά στην ενότητα 6.2 αυτού του εγγράφου. Με την εισαγωγή περισσότερων κανόνων παρατηρήθηκε σημαντική επιβάρυνση του συστήματος σε πόρους και οι χρόνοι εκτέλεσης χειροτέρευαν.

4.4 Η βάση δεδομένων

Η βάση δεδομένων του συστήματος δημιουργήθηκε με βάση το σύστημα διαχείρισης βάσεων δεδομένων MySQL.

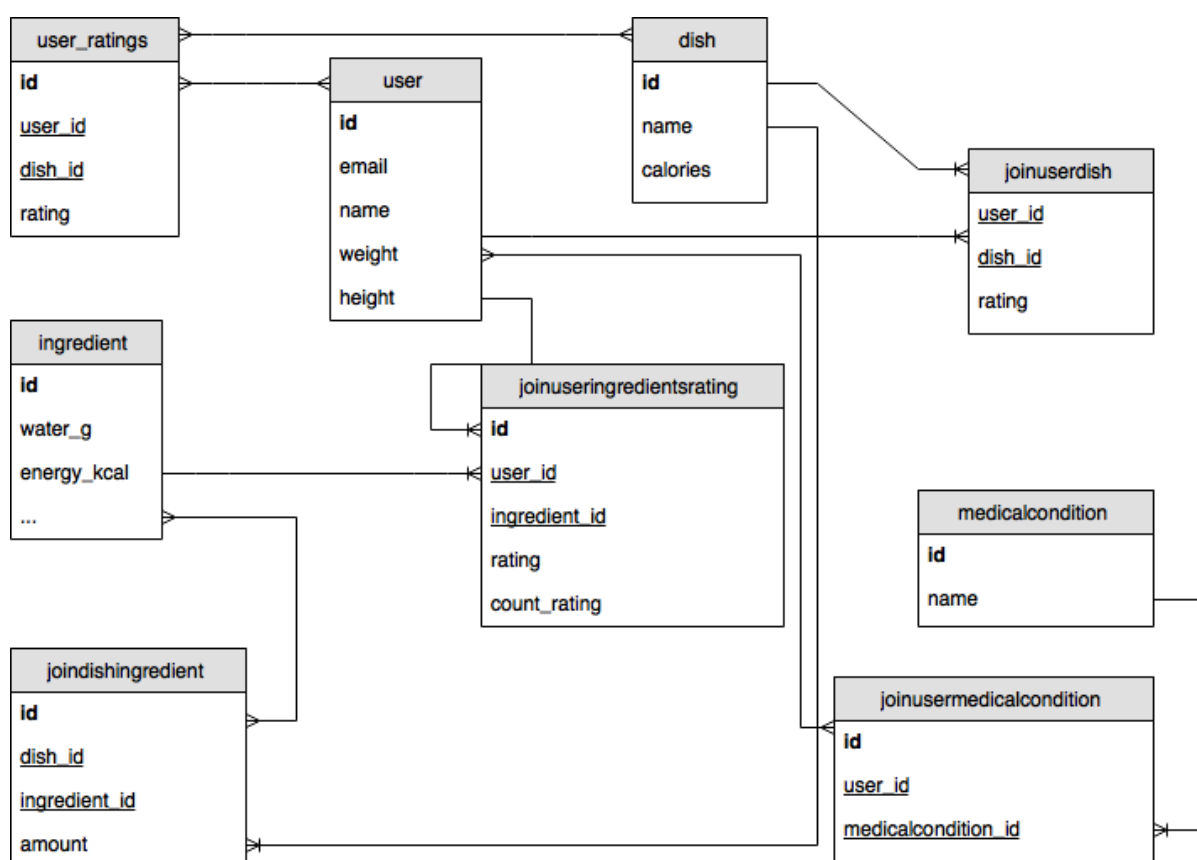
Η MySQL δημιουργήθηκε από τη Σουηδική εταιρία MySQL AB που τώρα ανήκει στην Oracle Corporation. Πρόκειται για το πιο δημοφιλές ανοικτού κώδικα σχεσιακό σύστημα διαχείρισης βάσεων δεδομένων μετρώντας περισσότερες από 11 εκατομμύρια εγκαταστάσεις. Το πρόγραμμα τρέχει σε έναν εξυπηρετητή παρέχοντας πρόσβαση πολλών χρηστών σε ένα σύνολο βάσεων δεδομένων.

Το σχεσιακό μοντέλο σχεδιασμού βάσεων δεδομένων είναι το κύριο μοντέλο για εμπορικές εφαρμογές επεξεργασίας δεδομένων, έχοντας κερδίσει τη πρωτεύουσα θέση εξ αιτίας της απλότητας του. Διευκολύνει τη δουλειά των προγραμματιστών, σε σύγκριση με τα προηγούμενα μοντέλα, όπως το δικτυακό ή το ιεραρχικό. Τα σχεσιακά συστήματα διαχείρισης βάσεων δεδομένων, δημιουργούν πολλαπλούς πίνακες για τη καταχώρηση των δεδομένων, αντί ενός υπερμεγέθους πίνακα. Το σχεσιακό μοντέλο, με αντικείμενα όπως βάσεις δεδομένων, πίνακες, σειρές και στήλες προσφέρει ένα ευέλικτο προγραμματιστικό περιβάλλον, όπου ο χρήστης εισάγει κανόνες που ρυθμίζουν τις σχέσεις μεταξύ διαφορετικών πεδίων δεδομένων, αλλά και δείκτες μεταξύ διαφορετικών πινάκων. Έτσι διασφαλίζεται η εγκυρότητα αλλά και η ταχύτητα στην προσπέλαση των δεδομένων μιας βάσης (49).

Για τις ανάγκες του συστήματος δημιουργήθηκαν πίνακες για την καταχώρηση:

- Των προφίλ των χρηστών
- Των πληροφοριών για τα πιάτα
- Των πληροφοριών για τη διατροφική αξία των συστατικών
- Την αρχειοθέτηση των παρελθόντων χρήσεων του συστήματος από τους χρήστες
- Των ενδιαμέσων πληροφοριών που δημιουργεί το σύστημα όσο παράγει τις τελικές διατροφικές προτάσεις

Τέλος, παρουσιάζεται η βάση δεδομένων του συστήματος μέσω του διαγράμματος data model στο Σχήμα 7. Το σχήμα δείχνει τους πίνακες της βάσης δεδομένων και την αλληλεξάρτηση των στοιχείων τους. Τα στοιχεία αυτά αξιοποιούνται από τις κλάσεις που παρουσιάστηκαν με λεπτομέρειες στην ενότητα 4.2.2 και κατ' επέκταση από τον αλγόριθμο υπολογισμού προτιμήσεων που παράγει και την τελική λίστα με τις προτάσεις.



Σχήμα 11 – Data model της βάσης δεδομένων

4.5 Διεπαφή χρήστη

Η διεπαφή χρήση περιλαμβάνει δύο βασικές λειτουργίες. Ο χρήστης αρχικά καλείται να βαθμολογήσει δέκα επιλεγμένα πιάτα, ενημερώνοντας έτσι τις προτιμήσεις του. Τα αρχικά αυτά πιάτα που παρουσιάζονται προς βαθμολόγηση έχουν μεταξύ τους όσο το δυνατόν περισσότερα διαφορετικά συστατικά, ώστε να συλλέξει το σύστημα περισσότερες πληροφορίες για τις προτιμήσεις του χρήστη. Μετά τη διαδικασία επεξεργασίας των προτιμήσεών του, εμφανίζονται τα προτεινόμενα πιάτα, τα οποία μπορεί επίσης να βαθμολογήσει.



Σχήμα 12 – Διάγραμμα περιπτώσεων χρήσης διεπαφής

4.5.1 Πρωτόκολλο επικοινωνίας

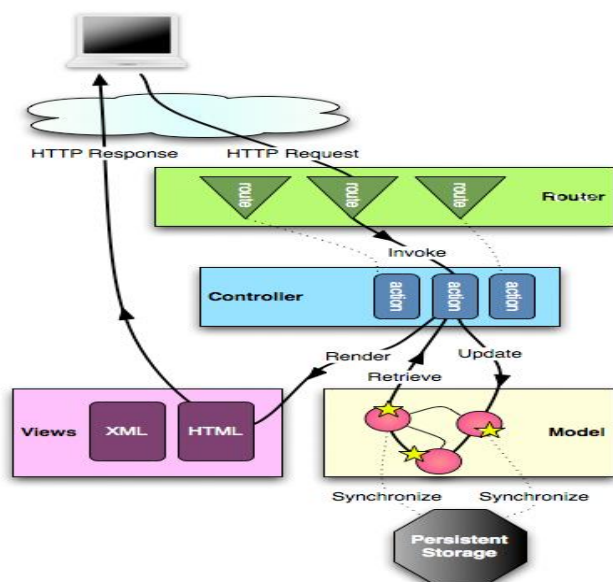
Το σύστημα διατροφικών προτάσεων που αναπτύχθηκε χρησιμοποιεί αρχιτεκτονική REST και βασίζεται σε απαντήσεις και αιτήματα HTTP (“HTTP request”) (42) για την ενημέρωση των μονάδων. Η μέθοδος του HTTP που προτιμήθηκε είναι η GET για λόγους απλότητας, καθώς τα δεδομένα που μεταφέρει κάθε μήνυμα είναι λίγα.

Όλα τα αιτήματα ακολουθούν το ίδιο μονοπάτι HTTP:

- Το σύστημα λαμβάνει ένα αίτημα
- Ο διαμεσολαβητής επιλέγει τη συγκεκριμένη διαδρομή που ανταποκρίνεται στο αίτημα
- Εκτελείται η μέθοδος συμβάντος που ανταποκρίνεται στο αίτημα
- Δημιουργείται η παρουσίαση
- Το αποτέλεσμα που επιστρέφει η μέθοδος συμβάντος είναι μία απάντηση HTTP (“HTTP response”)

Το πρωτόκολλο HTTP ορίζει οκτώ μεθόδους με τις οποίες μπορεί να γίνει μια αίτηση αποστολής του επιθυμητού περιεχομένου. Στην πράξη βέβαια χρησιμοποιούνται κυρίως οι 2 από αυτές, η POST και η GET. Η μέθοδος GET ανακτά οποιασδήποτε πληροφορία (με τη μορφή μιας οντότητας) αναγνωρίζεται από το url του http request (50). Για την αποστολή δεδομένων, εισάγεται στο τέλος του url ο χαρακτήρα “?” και στη συνέχεια προστίθενται ζευγάρια που περιλαμβάνουν το όνομα μιας οντότητας και την τιμή της. Ανάμεσα στα ζευγάρια στοιχείων της κάθε οντότητας εισάγεται ο χαρακτήρας “&”. Τέλος η επικοινωνία γίνεται μέσω του url που προκύπτει από τη προαναφερθείσα διαδικασία. Όταν παραληφθεί το μήνυμα, η εξαγωγή των στοιχείων από το url γίνεται πολύ εύκολα, λόγω της δομής των οντοτήτων που περιγράφηκε

Το παρακάτω διάγραμμα συνοψίζει το δρόμο που ακολουθεί ένα HTTP αίτημα:



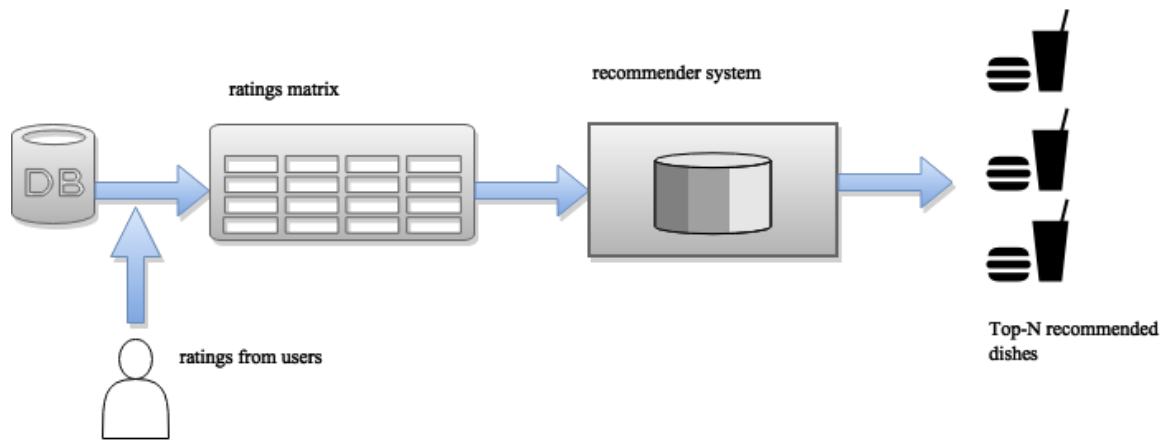
Εικόνα 5 – HTTP Request path (Πηγή: (42))

Το REST (Representational State Transfer) είναι ένα αρχιτεκτονικό στυλ σχεδιασμού εφαρμογών διαδικτύου. Στηρίζεται σε πρωτόκολλα χωρίς μνήμη (stateless), βασισμένα στο σχήμα πελάτη-εξυπηρετητή (client-server) και με δυνατότητα προσωρινής αποθήκευσης (cacheable) και σε όλες σχεδόν τις περιπτώσεις χρησιμοποιείται το πρωτόκολλο HTTP. Η γενικότερη ιδέα γύρω από το REST είναι ότι, αντί να χρησιμοποιούνται πολύπλοκοι μηχανισμοί, όπως CORBA, SOAP ή RPC για να επιτευχθεί σύνδεση μεταξύ μηχανημάτων, χρησιμοποιείται ένα απλό HTTP για να εκτελέσει την επικοινωνία. Εφαρμογές σχεδιασμένες με βάση το REST χρησιμοποιούν αιτήματα HTTP για να στείλουν, διαβάσουν ή και διαγράψουν δεδομένα. Το REST είναι μια πολύ πιο απλή και ανάλαφρη αντιπρόταση για μηχανισμούς όπως το RPC (Remote Procedure Calls) και υπηρεσίες διαδικτύου (SOAP, WSDL κ.α.).

4.5.2 Ροή ανάκτησης και επεξεργασίας πληροφορίας

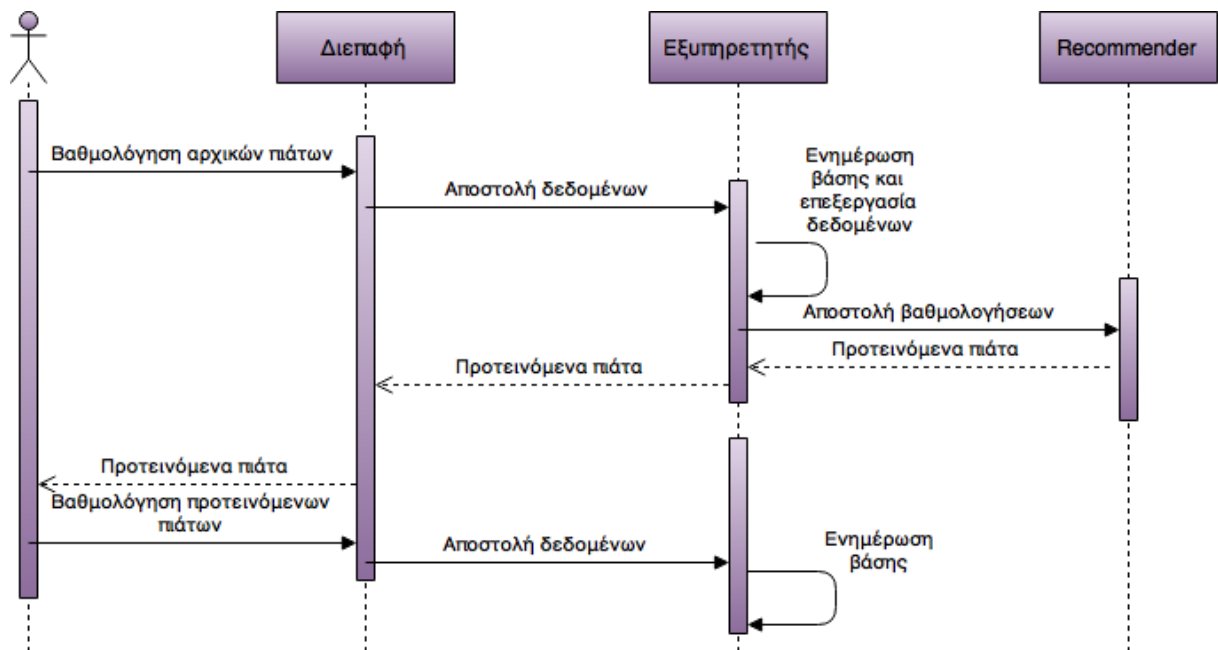
Οι πληροφορίες που είναι απαραίτητες για την εύρυθμη λειτουργία του συστήματος, συλλέγονται από τις βαθμολογίες που βάζει ο χρήστης στα πιάτα που εμφανίζονται στην αρχική οθόνη.

Μετά τη συλλογή των απαραίτητων δεδομένων γίνεται η επεξεργασία τους, αφού πρώτα καταχωρηθούν σε μια βάση δεδομένων. Κατά την επεξεργασία ο αλγόριθμος υπολογισμού διατροφικών προτάσεων παράγει τα προτεινόμενα πιάτα. Τέλος τα πιάτα που υπολογίζονται προωθούνται στο γραφικό περιβάλλον του χρήστη.



Σχήμα 13 – Ροή της πληροφορίας στο σύστημα

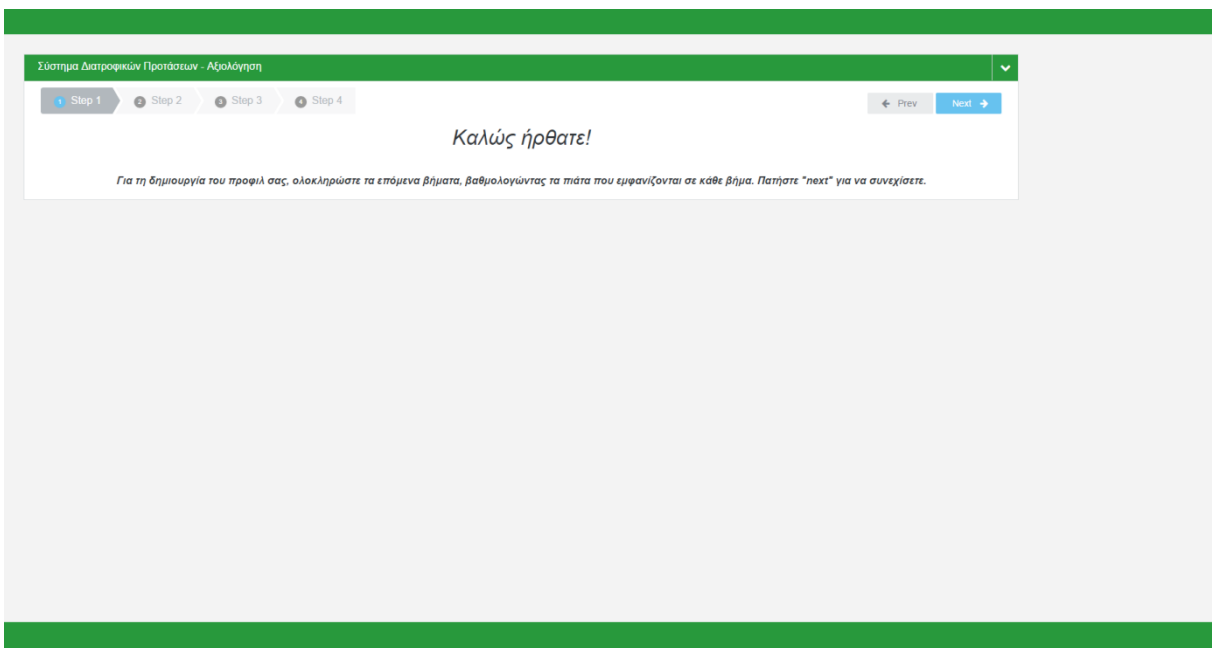
Στο επόμενο σχήμα φαίνονται οι λειτουργίες και αλληλεπιδράσεις των διαφόρων τμημάτων κατά τη διάρκεια της χρήσης του συστήματος.



Σχήμα 14 – Ακολουθιακό διάγραμμα συστήματος

4.5.3 Οθόνες συστήματος

Σε αυτή τη παράγραφο παρατίθενται οι βασικές οθόνες της εφαρμογής από την πλευρά του χρήστη.



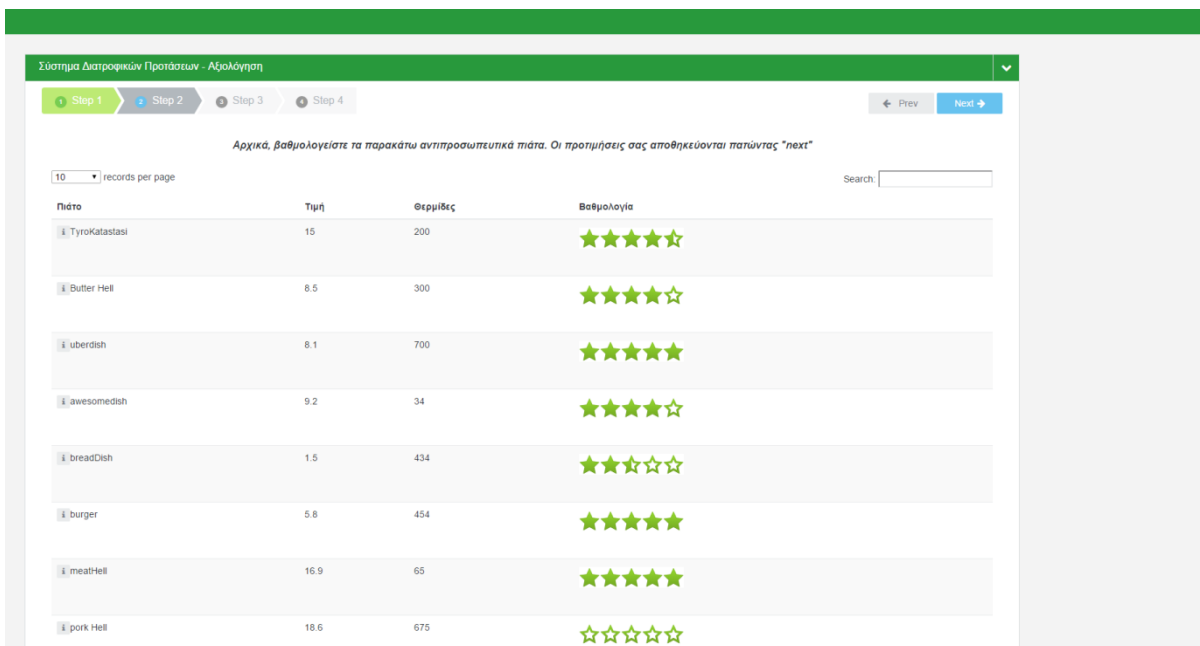
Εικόνα 6 – Εισαγωγή στο σύστημα

4.5.3.1 Βαθμολόγηση των αρχικών πιάτων

Στις εικόνες 7 και 8 φαίνονται τα πιάτα που παρουσιάζονται στο χρήστη για να τα βαθμολογήσει. Οι βαθμολογίες αυτές στη συνέχεια χρησιμοποιούνται από το σύστημα για την παραγωγή των συστάσεων.

Πιάτο	Τιμή	Θερμίδες	Βαθμολογία
TyroKatastasi	15	200	☆☆☆☆☆
Butter Hell	8.5	300	☆☆☆☆☆
überdishi	8.1	700	☆☆☆☆☆
awesomedishi	9.2	34	☆☆☆☆☆
breadDish	1.5	434	☆☆☆☆☆
burger	5.8	454	☆☆☆☆☆
meatHell	16.9	65	☆☆☆☆☆
pork Hell	18.6	675	☆☆☆☆☆

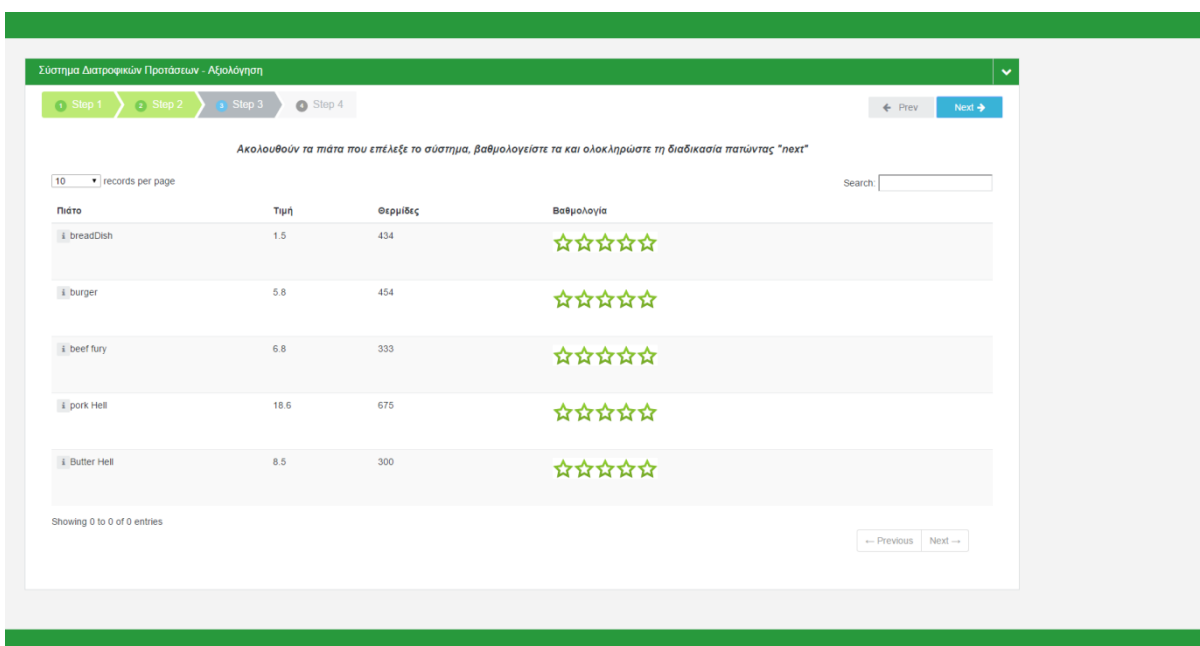
Εικόνα 7– Τα 10 πιάτα προς βαθμολόγηση



Εικόνα 8 – Ο χρήστης βαθμολογεί τα πιάτα και επιλέγει next

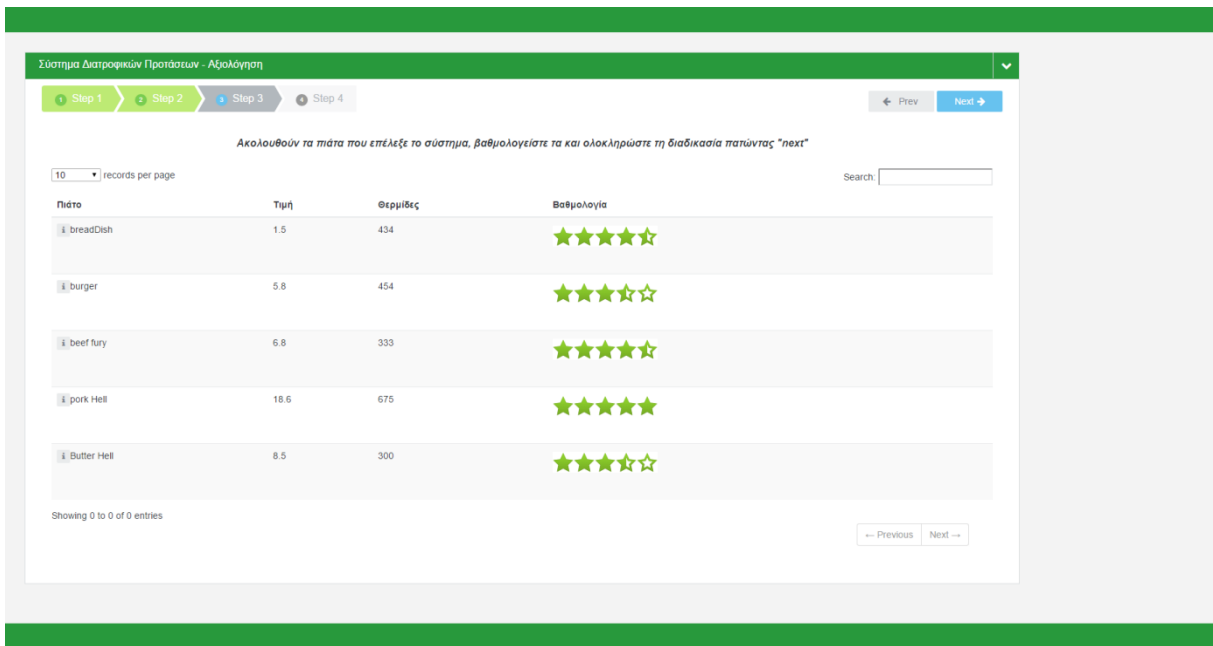
4.5.3.2 Προτεινόμενα πιάτα και ενημέρωση των προτιμήσεων

Στην Εικόνα 9, φαίνονται τα πιάτα που προτείνει ο αλγόριθμος στο χρήστη.



Εικόνα 9 – Τα πιάτα που επέλεξε ο αλγόριθμος να προτείνει στον συγκεκριμένο χρήστη

Τέλος, στην Εικόνα 10 ο χρήστης μπορεί να βαθμολογήσει τις προτάσεις του συστήματος. Με αυτές τις βαθμολογήσεις ενημερώνει τις προτιμήσεις στο προφίλ, του που είναι αποθηκευμένο στη βάση δεδομένων. Σε επόμενες χρήσεις το σύστημα θα αξιοποιήσει τις πληροφορίες και από αυτές τις βαθμολογήσεις για να παράξει καλύτερες συστάσεις.



Εικόνα 10 – Ο χρήστης βαθμολογεί τα πιάτα που του συστήθηκαν

Αξιολόγηση του συστήματος

Ο χαρακτηρισμός και η αξιολόγηση της εμπειρίας του χρήστη που χρησιμοποιεί το σύστημα που αναπτύχθηκε είναι ένα σημαντικό ζήτημα. Η αξιολόγηση του συστήματος βοήθησε στην καλύτερη κατανόηση της συμπεριφοράς του χρήστη ενώ χρησιμοποιεί το σύστημα προτάσεων και κατά πόσο εκμεταλλεύεται τις δυνατότητες που του προσφέρει το σύστημα προτάσεων. Αντίστοιχα, αυτές οι πληροφορίες είναι απαραίτητες για μελλοντικές επεκτάσεις και βελτιώσεις του συστήματος. Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται το γενικό μοντέλο στο οποίο βασίστηκε η αξιολόγηση και στη συνέχεια αναλύονται τα αποτελέσματά της.

5.1 Εισαγωγή

Η αξιολόγηση του συστήματος βασίστηκε στο μοντέλο ResQue (Recommender systems' Quality of user experience) (51) . Το ResQue αποτελείται από 60 ερωτήσεις και 13 θεματικές ενότητες. Στόχος είναι αν εκτιμηθούν τα χαρακτηριστικά του συστήματος προτάσεων όπως η χρηστικότητα, η χρησιμότητα, ιδιότητες της διεπαφής, ιδιότητες σχετικές με την αλληλεπίδραση με τους χρήστες, η ικανοποίηση των χρηστών καθώς και η επίδραση αυτών των χαρακτηριστικών στους χρήστες. Έτσι, εκτιμούνται οι προθέσεις συμπεριφοράς των χρηστών συμπεριλαμβανομένης της πρόθεσής τους να επιλέξουν να χρησιμοποιήσουν το σύστημα προτάσεων σε κάποια εμπορική εφαρμογή, της πρόθεσής τους να αγοράσουν τα πιάτα που τους προτείνονται, να επαναχρησιμοποιήσουν το σύστημα μελλοντικά και να γνωστοποιήσουν το σύστημα σε φίλους τους.

Το μοντέλο προσδιορίζει τα βασικά χαρακτηριστικά ενός αποτελεσματικού και ικανοποιητικού συστήματος προτάσεων και τους βασικούς καθοριστικούς παράγοντες που παρακινούν τους χρήστες να υιοθετήσουν την τεχνολογία των συστημάτων διατροφικών προτάσεων.

Για την αξιολόγηση του προτεινόμενου συστήματος επιλέξαμε δέκα ερωτήσεις, που αντιπροσωπεύουν τις παρακάτω τρεις θεματικές ενότητες αξιολόγησης.

- Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των προτάσεων. Τα πιάτα που προτείνει το σύστημα μπορούν να θεωρηθούν σαν ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά του. Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των προτάσεων αναφέρονται στις πληροφορίες που αφορούν τη γενικότερη χρησιμότητα των προτεινόμενων αντικειμένων-πιάτων. Πιο συγκεκριμένα αυτά τα ποιοτικά χαρακτηριστικά είναι η ακρίβεια των προτάσεων, η οικειότητα με τα προτεινόμενα πιάτα, η ανακάλυψη νέων πιάτων, η ποικιλία και το πλαίσιο συμβατότητας.
- Η αποτελεσματικότητα. Οι ερωτήσεις σχετικά με την αποτελεσματικότητα του συστήματος επικεντρώνονται στην μέτρηση της ικανότητας των χρηστών να ολοκληρώνουν γρήγορα και με επιτυχία τα βήματα της εφαρμογής από την αρχή μέχρι και την παραγωγή των προτάσεων. Ταυτόχρονα μετράται η ευκολία

ολοκλήρωσης αυτών των βημάτων και ο τυχόν εκνευρισμός του χρήστη από την ενασχόλησή του με το σύστημα.

- Οι μελλοντικές προθέσεις. Οι μελλοντικές προθέσεις των χρηστών σχετικά με το σύστημα σχετίζονται με το αν το σύστημα είναι ικανό να επηρεάσει μελλοντικές αποφάσεις των χρηστών για μελλοντική χρήση του και αγορά των προτεινόμενων πιάτων.

Το ερωτηματολόγιο που αναπτύχθηκε στα πλαίσια της αξιολόγησης του συστήματος παρουσιάζεται στην ενότητα 5.2 και βασίζεται στο ερωτηματολόγιο 60 ερωτήσεων που προτείνει το μοντέλο ResQue, προσαρμοσμένο στις ανάγκες αξιολόγησης ενός συστήματος διατροφικών προτάσεων.

5.2 Διαδικασία αξιολόγησης

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζεται η διαδικασία της αξιολόγησης του συστήματος. Το μοντέλο στο οποίο βασίστηκε η αξιολόγηση είναι το ResQue όπως αυτό παρουσιάστηκε στην προηγούμενη ενότητα.

Για τη διαδικασία της αξιολόγησης το σύστημα ανέβηκε σε σερβερ και οι χρήστες που το δοκίμασαν και απάντησαν στο ερωτηματολόγιο είχαν πρόσβαση σε αυτό μέσω διαδικτύου. Πιο συγκεκριμένα οι χρήστες που επιλέχθηκαν να δοκιμάσουν το σύστημα δημιούργησαν το προφίλ τους στην αρχική σελίδα της εφαρμογής (βήμα 1) ανώνυμα, δίνοντας πληροφορίες για τη σωματική τους δραστηριότητα, το ύψος και το βάρος τους καθώς και ενημέρωναν το σύστημα για το ιατρικό τους ιστορικό επιλέγοντας την ανίστοιχη ασθένεια.

Σύστημα Διατροφικών Προτάσεων - Αξιολόγηση

Step 1 Step 2 Step 3 Step 4

← Prev Next →

Καλώς ήρθατε!

Μέσα από αυτή τη σελίδα μπορείτε να δοκιμάσετε και να αξιολογήσετε τον αλγόριθμο διατροφικών προτάσεων του συστήματος ΔΙΣΥΣ (http://www.disyss.gr). Η διαδικασία αποτελείται από 4 βήματα.

- Σε αυτή τη σελίδα μπορείτε να εισάγετε ανώνυμα κάποια προσωπικά στοιχεία βελτιώνουν τα αποτελέσματα του αλγορίθμου.
- Στο επόμενο βήμα 2 θα σας ζητηθεί να βαθμολογήσετε ορισμένα πιάτα ώστε το σύστημα να 'μαθει' τις προτιμήσεις σας.
- Στο βήμα 3 θα σας παρουσιαστούν πιάτα που υπολογίζει ο αλγόριθμος συστάσεων του ΔΙΣΥΣ. Μπορείτε να τα βαθμολογήσετε ώστε να μάθουμε αν σας αρέσουν!
- Τέλος θα οδηγηθείτε σε ένα ερωτηματολόγιο όπου θα θέλαμε τη γνώμη σας σχετικά με τις προτάσεις του συστήματος. Πατήστε "next" για να συνεχίσετε.

Φύλλο * Βάρος (kg) * Ύψος (cm) * Ηλικία *

Επιλέξτε φύλλο... [input] [input] [input]

Θα σας ενδιέφερε οι συστάσεις και επιλογές των μενού τροφίμων να λαμβάνουν υπόψη τους κάποια από τα παρακάτω: *

Αναμία Διαβήτη τύπου 2 Δυσκοιλιότητα Κοιλιοκάκη

Υπερουριχαιμία Υπέρταση Υπερχοληστερολαιμία

♥ Επίπεδο Σωματικής Δραστηριότητας * Τι Διατροφή ακολουθείς αυτό το διάστημα: *

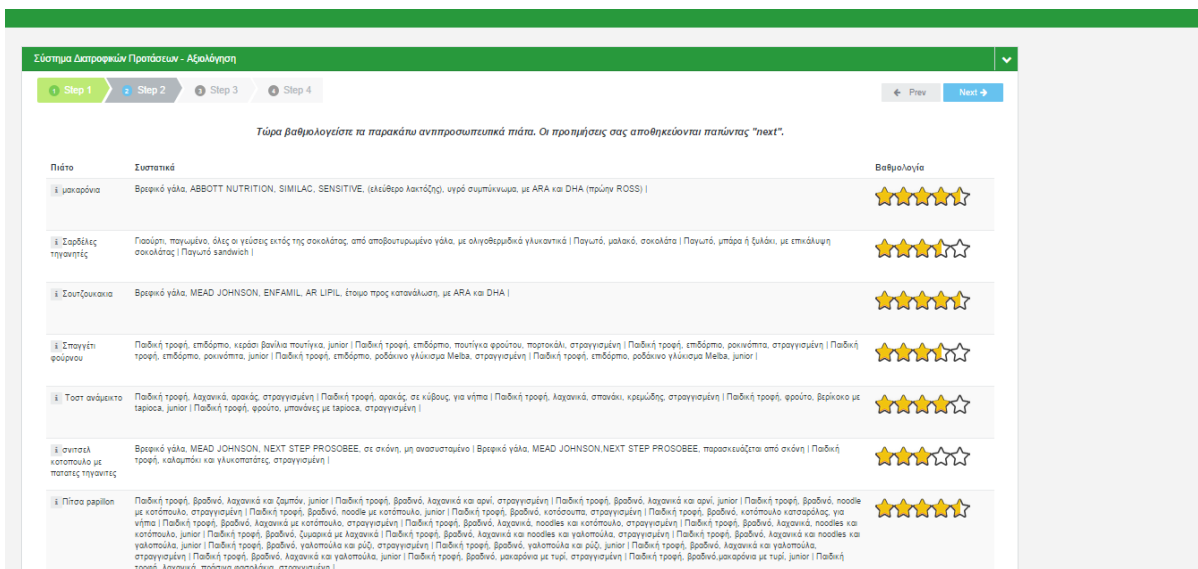
Καθιστική Ζωή [input] Απώλεια Βάρους [input]

Επιλέξτε ποια από τα παρακάτω συστατικά δεν καταναλώνετε στην καθημερινή σας διατροφή: *

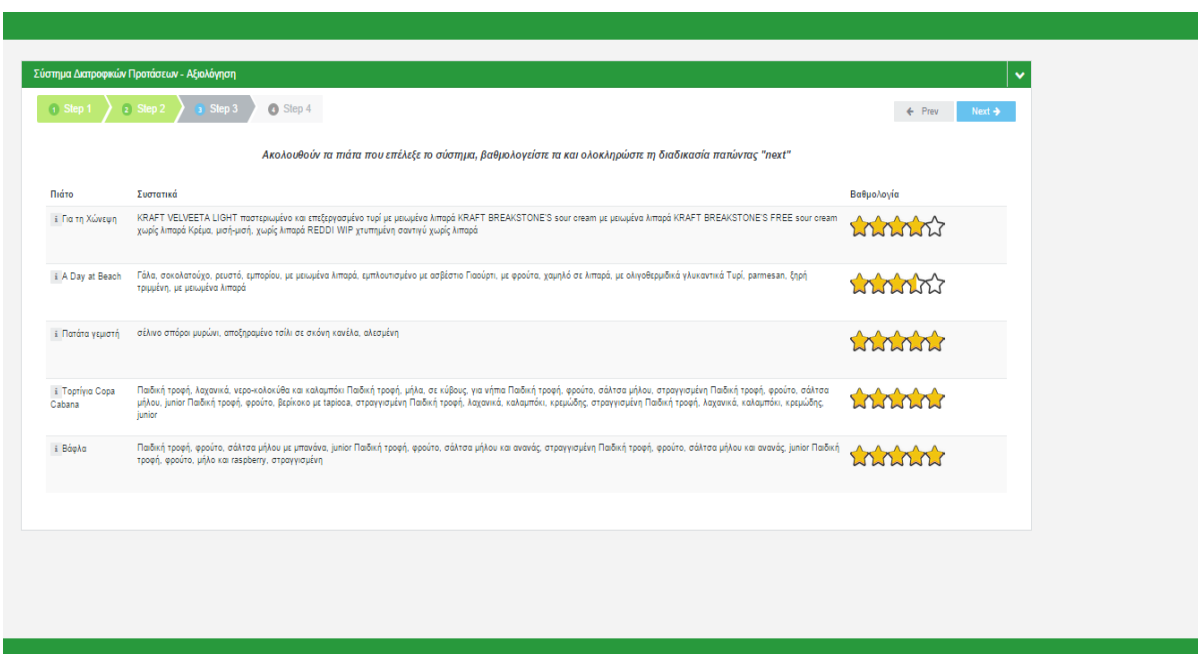
[input]

Εικόνα 11 – Ο χρήστης δημιουργεί το προφίλ του στο σύστημα, εισάγοντας προσωπικές πληροφορίες όπως φύλο, βάρος, ασθένειες που μπορεί να έχει και φαγητά που δεν του αρέσουν.

Στη συνέχεια, οι χρήστες βαθμολόγησαν τα πιάτα που επιλέγει το σύστημα ως αντιπροσωπευτικά της βάσης δεδομένων (βήμα 2) για να «μάθει» το σύστημα τις προτιμήσεις τους και τελικά το σύστημα παρουσιάζει τις προτάσεις τους στην οθόνη (βήμα 3). Σε αυτό το σημείο οι χρήστες μπορούν να βαθμολογήσουν τις προτάσεις, δίνοντας έτσι πληροφορίες για την ακρίβεια των προτάσεων αλλά και χρήσιμα στοιχεία για την επανατροφοδότηση του αλγορίθμου. Σε μία μελλοντική επέκταση του συστήματος, οι βαθμολογήσεις αυτές των προτάσεων μπορούν να αποτελέσουν σημαντική πληροφορία για μία αξιολόγηση μεγαλύτερου εύρους.



Εικόνα 12 – Ο χρήστης βαθμολογεί τα ενδεικτικά πιάτα που επιλέγει ο αλγόριθμος ανάλογα με τη βάση δεδομένων που έχει. Έτσι, το σύστημα μαθαίνει τις προτιμήσεις του χρήστη σε συγκεκριμένα πιάτα και κατ' επέκταση σε συστατικά.

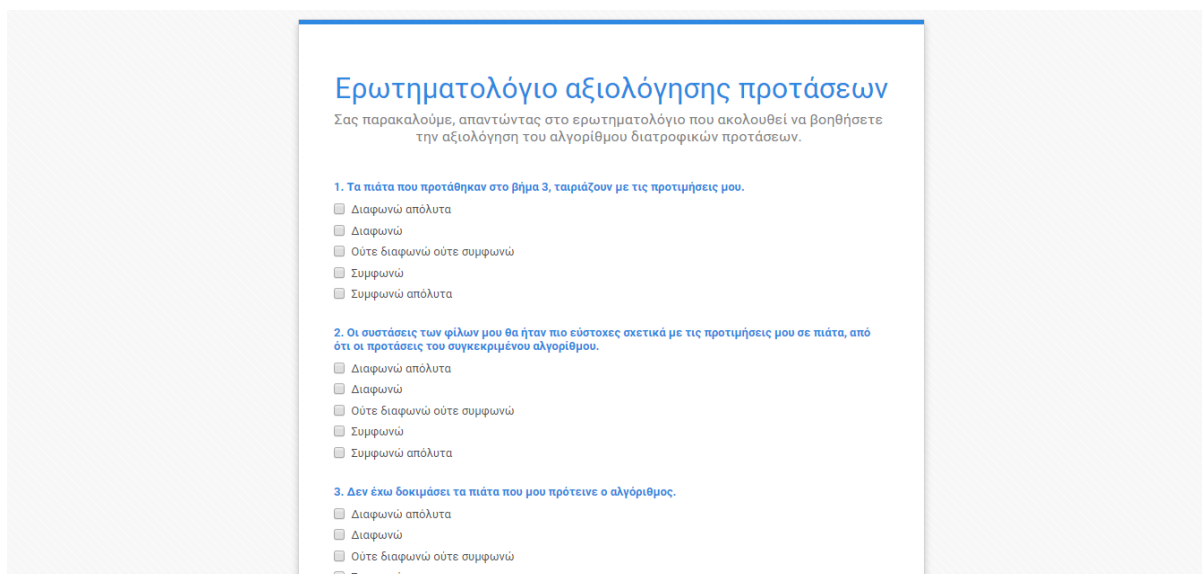


Εικόνα 13 – Στο βήμα 3, οι χρήστες μπορούν να βαθμολογήσουν τα πιάτα που τους προτείνει το σύστημα, βαθμολογώντας ουσιαστικά έτσι τις προτάσεις που τους έγιναν. Οι βαθμολογήσεις αυτές λειτουργούν σαν επανατροφοδότηση για μελλοντικές προτάσεις, αλλά μπορούν να χρησιμοποιηθούν και στα πλαίσια μίας εκτενέστερης αξιολόγησης σε μία πιθανή επέκταση του συστήματος.

Τελικά, οι χρήστες οδηγούνται πατώντας στο κουμπί “finish” στο ερωτηματολόγιο, το οποίο και συμπληρώνουν ηλεκτρονικά. Οι χρήστες απάντησαν στο ερωτηματολόγιο χρησιμοποιώντας τη κλίμακα Likert, με την πρώτη απάντηση να δηλώνει το «διαφωνώ απολύτως» και την πέμπτη απάντηση να δηλώνει «συμφωνώ απολύτως». Τα αποτελέσματα που προκύπτουν παρουσιάζονται και σχολιάζονται στην τελευταία ενότητα αυτού του κεφαλαίου.



Εικόνα 14 – Ο χρήστης ολοκληρώνει τη διαδικασία της αξιολόγησης πατώντας “Finish” και συμπληρώνοντας το ερωτηματολόγιο που εμφανίζεται.



Εικόνα 15 – Το ερωτηματολόγιο που εμφανίζεται στους χρήστες, αφού πάρουν τις διατροφικές προτάσεις από το σύστημα.

Ακολουθεί το ερωτηματολόγιο που χρησιμοποιήθηκε στην αξιολόγηση του συστήματος.

- 1) Τα πιάτα που προτάθηκαν στο βήμα 3, ταιριάζουν με τις προτιμήσεις μου.
- 2) Οι συστάσεις των φίλων μου θα ήταν πιο εύστοχες σχετικά με τις προτιμήσεις μου σε πιάτα, από ότι οι προτάσεις του συγκεκριμένου αλγορίθμου.
- 3) Δεν έχω δοκιμάσει τα πιάτα που μου πρότεινε ο αλγόριθμος.
- 4) Οι προτάσεις που μου έγιναν θα με βοηθήσουν να ανακαλύψω νέα πιάτα.
- 5) Η ποικιλία των προτεινόμενων πιάτων ήταν ικανοποιητική.
- 6) Οι προτάσεις που παρουσιάστηκαν, έλαβαν υπόψιν τις προτιμήσεις μου.

- 7) Ήταν εύκολο να βαθμολογήσω τα πιάτα που μου παρουσιάστηκαν.
- 8) Κατάφερα με σχετική άνεση να χρησιμοποιήσω το σύστημα.
- 9) Θα με ενδιέφερε να έχω διαθέσιμη μια εφαρμογή η οποία θα με βοηθά να αξιολογήσω τα προσφερόμενα γεύματα των εστιατορίων.
- 10) Αν υπάρξει μελλοντικά ένα σύστημα διατροφικών προτάσεων που θα χρησιμοποιεί αυτόν τον αλγόριθμο προτιμήσεων, θα το χρησιμοποιώ ως βοήθημα για την επιλογή πιάτων.

Από αυτές τις ερωτήσεις οι 1,2,3,4,5,6 μετράνε τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των προτάσεων, οι 7,8 την αποτελεσματικότητα του συστήματος και οι 9,10 τις μελλοντικές προθέσεις του χρήστη αναφορικά με το σύστημα.

Πιο συγκεκριμένα, οι ερωτήσεις 1 και 2 μετράνε την ακρίβεια των προτάσεων. Δηλαδή, το βαθμό στον οποίο οι χρήστες νιώθουν ότι οι προτάσεις ταιριάζουν στα ενδιαφέροντα και τις προτιμήσεις τους. Είναι μία συνολική αξιολόγηση του πόσο καλά το σύστημα κατάλαβε τις προτιμήσεις του χρήστη. Η ερώτηση 2 μετρά τη σχετική ακρίβεια των προτάσεων, ένα μέτρο υποκειμενικό χρήσιμο και για τη σύγκριση της ακρίβειας των προτάσεων του συστήματος με τις προτάσεις από άλλες πηγές όπως για παράδειγμα τις προτάσεις που κάνουν οι φίλοι μεταξύ τους. Η ερώτηση 3 είναι δείκτης για την οικειότητα. Η οικειότητα περιγράφει την επαφή του χρήστη με τα προτεινόμενα, αν τα έχει δοκιμάσει στο παρελθόν, αν είναι «οικεία» σε αυτόν. Η ερώτηση 4 μετρά κατά πόσο προτείνονται στο χρήστη νέα πιάτα που δεν έχει δοκιμάσει στο παρελθόν, ώστε να ανακαλύψει νέες γεύσεις. Η ερώτηση 5 αναφέρεται στην ποικιλία των προτάσεων στη τελική λίστα με τα πιάτα που προτείνει το σύστημα. Τέλος, η ερώτηση 6 αξιολογεί το κατά πόσο οι προτάσεις αξιοποιούν τις προτιμήσεις αλλά και γενικότερες πληροφορίες για το χρήστη.

Οι ερωτήσεις 7 και 8 μετράνε την αποτελεσματικότητα του συστήματος, κατά πόσο δηλαδή ο χρήστης χρησιμοποιεί το σύστημα χωρίς δυσκολίες και γρήγορα. Ειδικά για το χρόνο ολοκλήρωσης των βημάτων θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν πιο αντικειμενικοί μετρητές όπως ένα χρονόμετρο. Ωστόσο, δεν είναι δυνατό να διαχωριστεί έτσι εύκολα ο χρόνος ολοκλήρωσης των βημάτων της εφαρμογής από το χρόνο που περνάει ο χρήστης για να περιηγηθεί σε πληροφορίες άσχετες με την αποτελεσματικότητα του συστήματος, όπως είναι τα συστατικά ενός πιάτου.

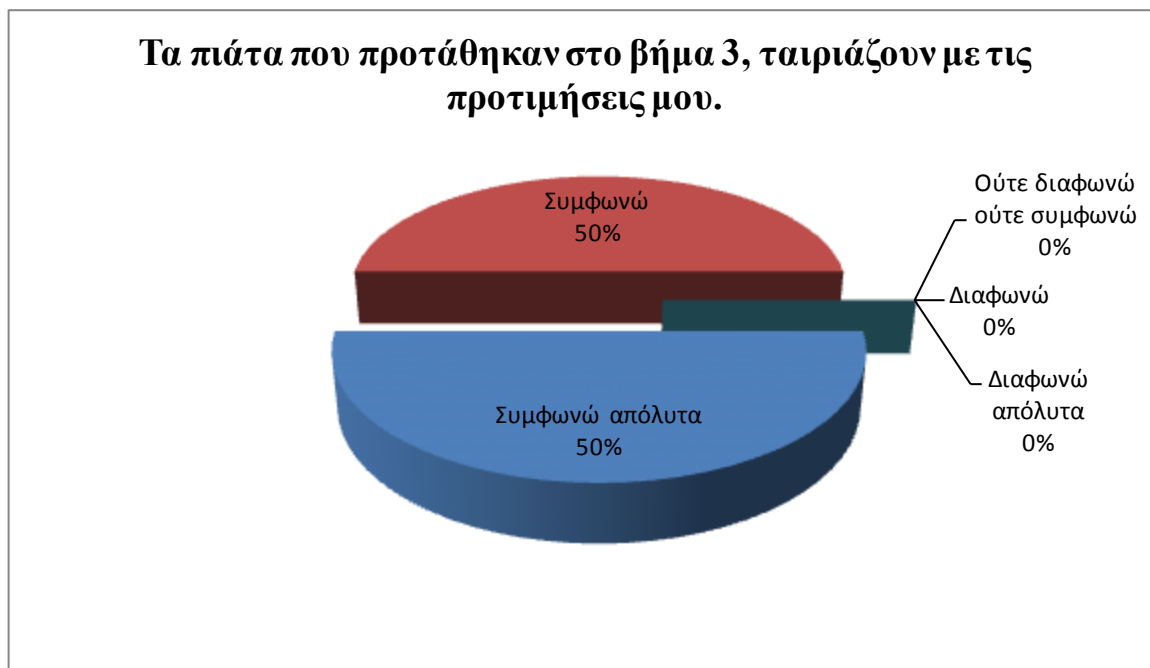
Τέλος, οι ερωτήσεις 9 και 10 σχετίζονται με τις μελλοντικές αποφάσεις του χρήστη για τη χρήση ή όχι του συστήματος. Οι ερωτήσεις αυτές προσαρμόστηκαν για να αξιολογήσουν τη χρησιμότητα του αλγορίθμου σε μία εφαρμογή που προτείνει πιάτα εστιατορίων στους χρήστες της, όπως η εφαρμογή του έργου ΔΙΣΥΣ, στο οποίο και ενσωματώθηκε τελικά ο αλγόριθμος της εργασίας. Με τη χρήση του ερωτηματολογίου οι προθέσεις του χρήστη είναι δυνατό να μετρηθούν με προσέγγιση σε ικανοποιητικά επίπεδα, σύμφωνα με τη θεωρία των προγραμματισμένων συμπεριφορών (52) η οποία δηλώνει ότι οι προγραμματισμένες προθέσεις μπορούν να λειτουργήσουν σαν βάση για μία καλή πρόβλεψη όσον αφορά τις μελλοντικές συμπεριφορές.

5.3 Ανάλυση αποτελεσμάτων αξιολόγησης

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της αξιολόγησης όπως αυτά προέκυψαν από τις απαντήσεις των χρηστών στο ερωτηματολόγιο. Όλοι οι χρήστες που επιλέχθηκαν να δοκιμάσουν το σύστημα απάντησαν στο ερωτηματολόγιο που παρουσιάστηκε στην προηγούμενη ενότητα. Συνολικά, στην αξιολόγηση συμμετείχαν δέκα χρήστες.

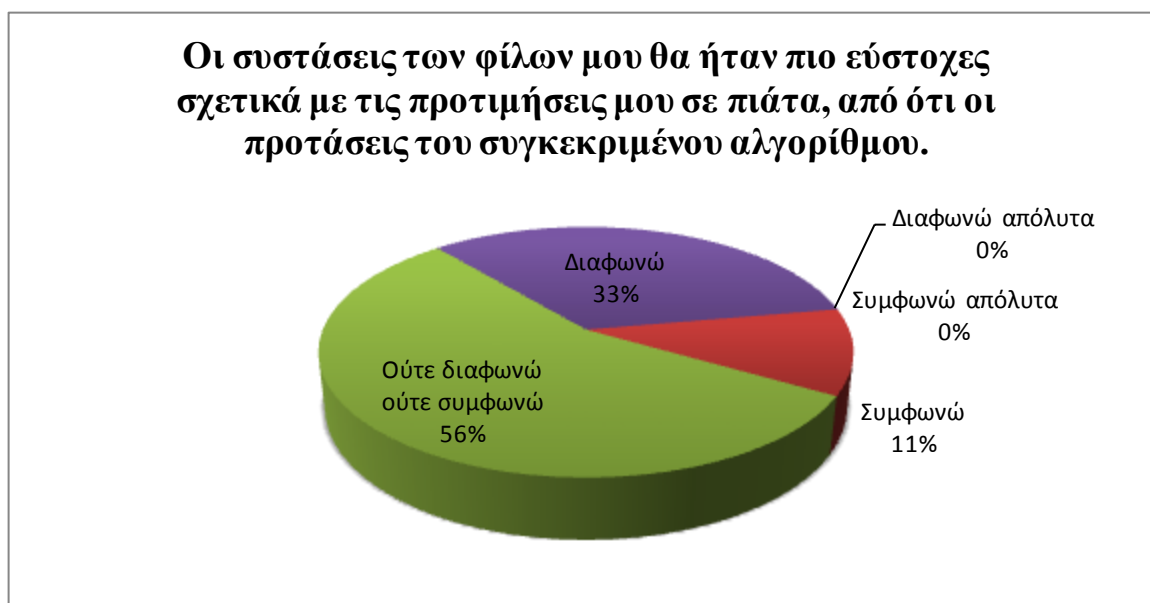
5.3.1 Παρουσίαση αποτελεσμάτων

Από τους χρήστες που συμμετείχαν οι μισοί θεώρησαν ότι τα πιάτα που του πρότεινε ο αλγόριθμος στο βήμα 3 ταιρίαζαν απόλυτα με τις προτιμήσεις τους.



Σχήμα 15 – Ερώτηση 1: Τα πιάτα που προτάθηκαν στο βήμα 3, ταιριάζουν με τις προτιμήσεις μου.

Το 11% θεωρεί ότι οι συστάσεις των φίλων του θα ήταν πιο εύστοχες από ότι οι προτάσεις του αλγορίθμου ενώ το 33% προτιμά τις προτάσεις του αλγορίθμου.



Σχήμα 16 – Ερώτηση 2: Οι συστάσεις των φίλων μου θα ήταν πιο εύστοχες σχετικά με τις προτιμήσεις μου σε πιάτα, από ότι οι προτάσεις του συγκεκριμένου αλγορίθμου.

Σχεδόν οι μισοί χρήστες που δοκίμασαν το σύστημα δεν είχαν δοκιμάσει τα πιάτα που τους πρότεινε ο αλγόριθμος, ενώ το 33% είχε δοκιμάσει τα περισσότερα από τα προτεινόμενα πιάτα.



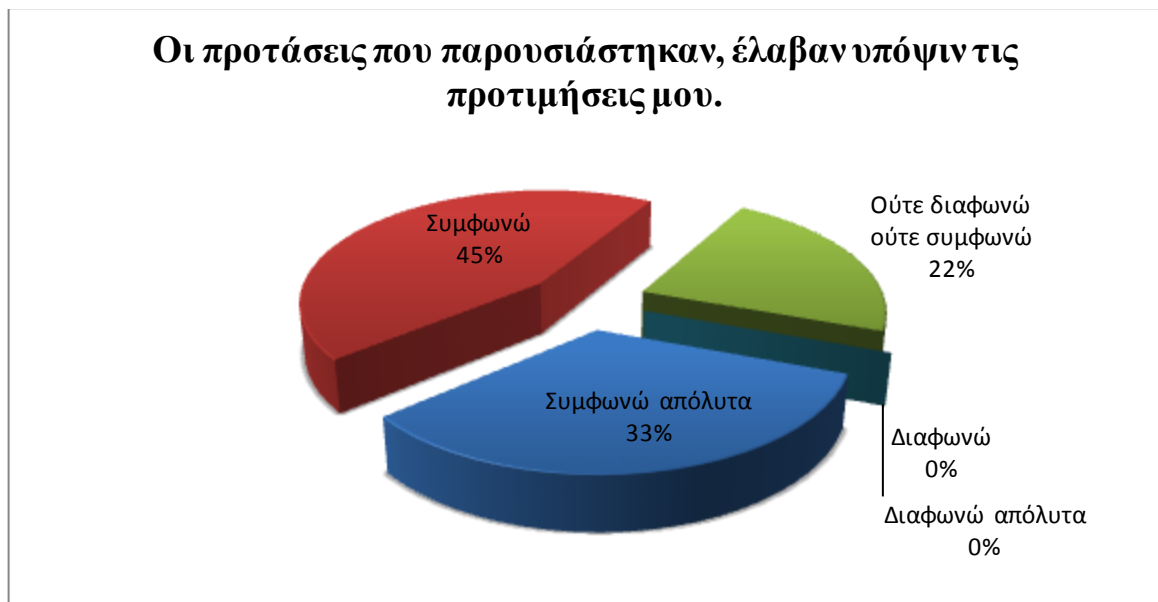
Σχήμα 17 – Ερώτηση 3: Δεν έχω δοκιμάσει τα πιάτα που μου πρότεινε ο αλγόριθμος.

Όλοι οι χρήστες συμφώνησαν ότι οι προτάσεις που τους έγιναν θα τους βοηθήσουν να ανακαλύψουν νέα πιάτα. Το 56% των χρηστών βρήκε την ποικιλία των προτεινόμενων σχετικά ικανοποιητική, το 22% συμφώνησε απόλυτα ότι η ποικιλία ήταν ικανοποιητική και το 22% απάντησε ούτε συμφωνώ ούτε διαφωνώ στη σχετική ερώτηση.



Σχήμα 18 – Ερώτηση 5: Η ποικιλία των προτεινόμενων πιάτων ήταν ικανοποιητική.

Το 78% των χρηστών θεώρησε πώς ο αλγόριθμος έλαβε υπόψιν τις προτιμήσεις τους ενώ το 22% απάντησε ούτε συμφωνώ, ούτε διαφωνώ στη σχετική ερώτηση.



Σχήμα 19 – Ερώτηση 6: Οι προτάσεις που παρουσιάστηκαν, έλαβαν υπόψιν τις προτιμήσεις μου.

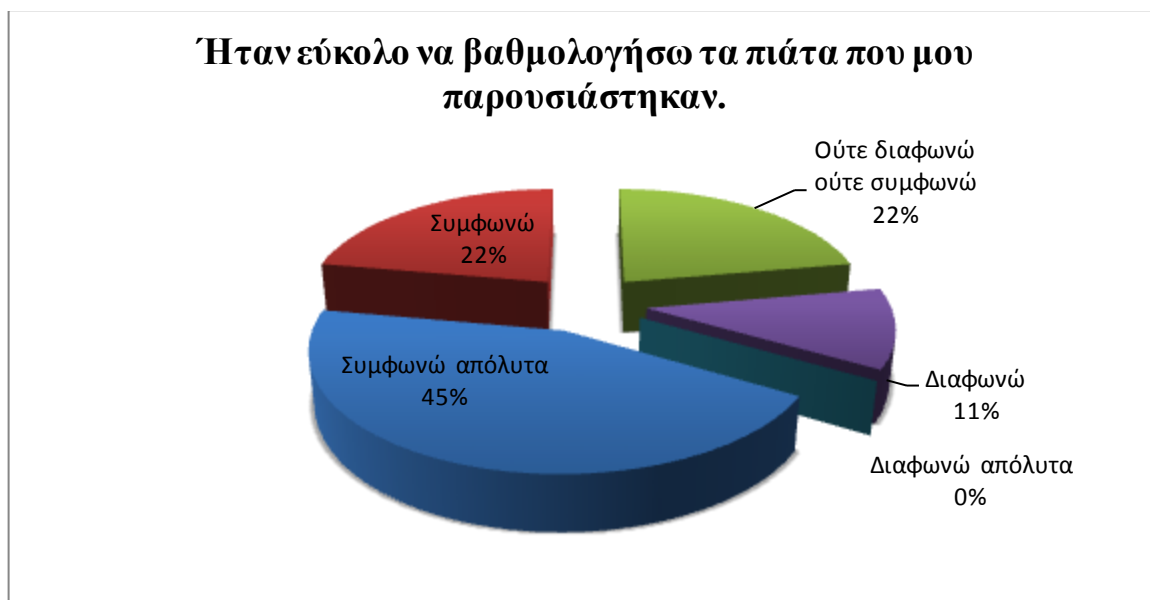
Σύμφωνα με τα πιο πάνω αποτελέσματα διαφαίνονται τα ακόλουθα:

- Όλοι οι χρήστες συμφώνησαν με τις προτάσεις του αλγορίθμου.
- Κάποιοι χρήστες θεώρησαν ότι οι φίλοι τους θα τους πρότειναν πιάτα πιο κοντά στις προτιμήσεις τους.
- Η ποικιλία των προτεινόμενων πιάτων θεωρώθηκε από την πλειοψηφία ικανοποιητική.
- Όλοι οι χρήστες θεώρησαν ότι η χρήση του συστήματος ενθάρρυνε τη δοκιμή νέων για αυτούς πιάτων.
- Κανένας χρήστης δεν έχει δοκιμάσει όλα τα πιάτα που του προτείνει ο αλγόριθμος.
- Ένα ποσοστό 22% των χρηστών δεν συμφώνησε με το ότι οι προτάσεις που έγιναν έλαβαν υπόψιν τις προτιμήσεις τους.

Στα επόμενα δύο γραφήματα παρουσιάζονται οι απαντήσεις των χρηστών στις ερωτήσεις σχετικά με την αποτελεσματικότητα του συστήματος.

Στην εικόνα X, φαίνεται ότι το 45% των χρηστών συμφώνησε απόλυτα πώς η βαθμολόγηση των πιάτων ήταν εύκολη, το 22% συμφώνησε απλά, το 22% ούτε συμφώνησε ούτε διαφώνησε και το 11% διαφώνησε.

Αντίστοιχα, στην εικόνα X φαίνεται ότι 87% χρησιμοποίησε το σύστημα με σχετική άνεση και συγκεκριμένα το 37% από αυτούς απάντησε πώς συμφωνεί απόλυτα στην αντίστοιχη ερώτηση.



Σχήμα 20 – Ερώτηση 7: Ήταν εύκολο να βαθμολογήσω τα πιάτα που μου παρουσιάστηκαν.

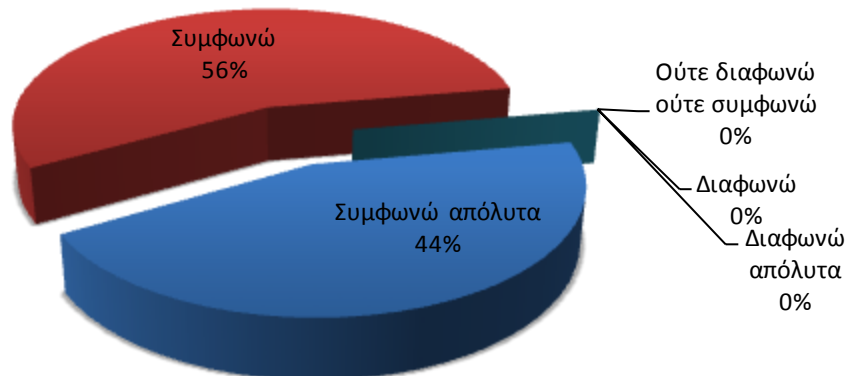


Σχήμα 21 – Ερώτηση 8: Κατάφερα με σχετική άνεση να χρησιμοποιήσω το σύστημα.

Από τις απαντήσεις των χρηστών είναι φανερό ότι η διεπαφή χρήστη δεν ικανοποίησε ένα ποσοστό 33%, με το 11% να απαντάει πώς ήταν δύσκολη η βαθμολόγηση των πιάτων. Τέλος, στην ερώτηση σχετικά με το πόσο εύκολη είναι η χρήση του συνολικού συστήματος το 13% απάντησε πώς η χρήση του δεν ήταν άνετη.

Αναφορικά με τις ερωτήσεις που καλύπτουν τις μελλοντικές προθέσεις του χρήστη για χρήση του συστήματος, όλοι συμφώνησαν ότι θα ενδιαφερόταν να έχουν μία εφαρμογή που θα τους βοηθούσε να αξιολογήσουν προσφερόμενα πιάτα εστιατορίων.

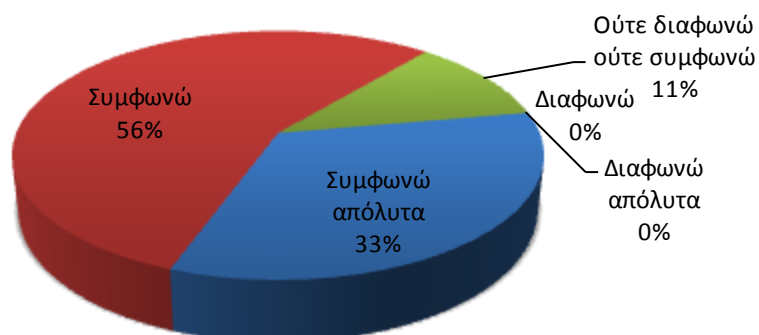
Θα με ενδιέφερε να έχω διαθέσιμη μια εφαρμογή η οποία θα με βοηθά να αξιολογήσω τα προσφερόμενα γεύματα των εστιατορίων.



Σχήμα 22 – Ερώτηση 9: Θα με ενδιέφερε να έχω διαθέσιμη μια εφαρμογή η οποία θα με βοηθά να αξιολογήσω τα προσφερόμενα γεύματα των εστιατορίων.

Η πλειοψηφία των συμμετεχόντων στην αξιολόγηση απάντησε πως θα χρησιμοποιήσει μελλοντικά το σύστημα ως βοήθημα για την πειλογική πιάτων σε εστιατόρια σε ποσοστό 89%, ενώ το 11% δήλωσε ότι ούτε συμφωνεί ούτε διαφωνεί στην αντίστοιχη ερώτηση.

Αν υπάρξει μελλοντικά ένα σύστημα διατροφικών προτάσεων που θα χρησιμοποιεί αυτόν τον αλγόριθμο προτάσεων, θα το χρησιμοποιώ ως βοήθημα για την επιλογή πιάτων σε εστιατόρια.



Σχήμα 23 – Ερώτηση 10: Αν υπάρξει μελλοντικά ένα σύστημα διατροφικών προτάσεων που θα χρησιμοποιεί αυτόν τον αλγόριθμο προτάσεων, θα το χρησιμοποιώ ως βοήθημα για την επιλογή πιάτων σε εστιατόρια.

5.3.2 Τελικά συμπεράσματα

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της αξιολόγησης που διενεργήθηκε στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας έχουν διαφανεί τα ακόλουθα:

- Ο αλγόριθμος προτείνει πιάτα με ικανοποιητική ακρίβεια.
- Η ποικιλία των πιάτων που προτείνονται ήταν ικανοποιητική.
- Πολλά πιάτα που προτείνονται δεν έχουν δοκιμαστεί από τους χρήστες. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με το ότι θεώρησαν τις προτάσεις ακριβείς σε ικανοποιητικό βαθμό, τους ενθαρρύνει να δοκιμάσουν τα νέα πιάτα που προτείνει ο αλγόριθμος.
- Το σύστημα δεν έπεισε το 22% των χρηστών ότι αξιοποιεί τις προτιμήσεις τους. Αυτό το σχετικά αρνητικό δεδομένο μπορεί εν μέρει να οφείλεται στο σχετικά μικρό μέγεθος της βάσης δεδομένων πιάτων που χρησιμοποιήθηκε στην αξιολόγηση. Ο περιορισμένος αριθμός πιάτων είχε ως αποτέλεσμα πολλά πιάτα να έχουν παρόμοια συστατικά και να μην προτείνονται τόσο διαφορετικά πιάτα, ώστε να πειστεί ο τελικός χρήστης πώς οι προτιμήσεις του αξιοποιήθηκαν.
- Η διεπαφή χρήστη χρειάζεται κάποιες βελτιώσεις ώστε να είναι πιο άνετη η χρήση του συστήματος.
- Η ιδέα μιας εφαρμογής που θα βαθμολογεί πιάτα εστιατορίων κρίθηκε θετικά από όλους τους συμμετέχοντες.
- Ο αλγόριθμος πρότεινε με ακρίβεια πιάτα στους χρήστες, ώστε αυτοί να απαντούν ότι μελλοντικά θα χρησιμοποιούσαν ένα σύστημα που ενσωματώνει τον αλγόριθμο που αναπτύχθηκε.

Επίλογος

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται μια σύνοψη του συστήματος που αναπτύχθηκε στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας. Επίσης, προτείνονται κάποιες μικρές βελτιώσεις που μπορούν άμεσα να υλοποιηθούν, αλλά και μεγαλύτερες επεκτάσεις του συστήματος.

6.1 Σύνοψη και συμπεράσματα

Όπως αναφέρθηκε και στην εισαγωγή, στόχος αυτής της διπλωματικής εργασίας ήταν η ανάπτυξη ενός συστήματος διατροφικών προτάσεων που θα λειτουργεί σαν διαδικτυακή εφαρμογή. Το σύστημα που υλοποιήθηκε, αυτοματοποιεί για λογαριασμό του χρήστη τη διαδικασία επιλογής πιάτου. Για τον καθορισμό των προτάσεων που παράγει το σύστημα ήταν απαραίτητος καθορισμός του μοντέλου δεδομένων που αφορούν τόσο τον ίδιο το χρήστη (ιατρικό ιστορικό), όσο και δεδομένων για τα πιάτα (συστατικά από τα οποία αποτελείται ένα πιάτο, διατροφική αξία συστατικών).

Η παραγωγή διατροφικών προτάσεων για πιάτα είναι μία απαιτητική διαδικασία καθώς η βαθμολόγηση συστατικών μόνο μπορεί να οδηγήσει σε λάθος αποτελέσματα συχνά. Για αυτό η προσέγγιση που επιλέχθηκε ήταν ο χρήστης να βαθμολογεί ολοκληρωμένα πιάτα και από αυτές τις βαθμολογίες να προκύπτουν οι βαθμολογίες των συστατικών που χρησιμοποιεί ο αλγόριθμος.

Το σύστημα βασίζεται στη διαδικτυακή πλατφόρμα ανοικτού κώδικα PlayFramework. Η πλατφόρμα παρουσιάστηκε αναλυτικά στο κεφάλαιο τέσσερα. Στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας αναπτύχθηκαν κανόνες με χρήση Drools που έκαναν δυνατή τη σύνδεση του ιατρικού ιστορικού του χρήστη με τον αλγόριθμο παραγωγής διατροφικών προτάσεων. Επίσης, ακολουθώντας το αρχιτεκτονικό μοτίβο της πλατφόρμας Play, model-view-controller, αναπτύχθηκαν κλάσεις σε Scala και Java για την υλοποίηση του κύριου μέρους του αλγορίθμου, τη σύνδεση του με τη βάση δεδομένων και την παρουσίαση των αποτελεσμάτων μέσω οθονών στο τελικό χρήστη. Ο χρήστης επικοινωνεί με το σύστημα μέσω μίας διεπαφής χρήστη που αναπτύχθηκε στα πλαίσια αυτής της διπλωματικής εργασίας με χρήση HTML, CSS, Ajax, Javascript και Scala. Για τη λειτουργία του συστήματος δημιουργήθηκε μια βάση δεδομένων MySQL, στην οποία καταχωρούνται τα στοιχεία του κάθε χρήστη, οι πληροφορίες για τα πιάτα και τα συστατικά τους καθώς και οι παρελθούσες χρήσεις του συστήματος, ουσιαστικά οι βαθμολογίες των πιάτων από το χρήστη οι οποίες αξιοποιούνται ανατροφοδοτώντας τον αλγόριθμο για την παραγωγή καλύτερων προβλέψεων σε επόμενες χρήσεις.

Από την αξιολόγηση του συστήματος φάνηκε ότι οι προτάσεις του αλγορίθμου σε γενικές γραμμές κρίνονται ικανοποιητικές. Η έκβαση των αποτελεσμάτων του αλγορίθμου βέβαια εξαρτάται από την προσοχή που δίνει ο χρήστης στη βαθμολόγηση των αρχικών πιάτων. Εξαρτάται επίσης από τη μεταχείριση των συστατικών που δεν έχουν ακόμα βαθμολογηθεί

από το χρήστη, η προσέγγιση που ακολουθήθηκε σε αυτό το ζήτημα, όπως περιγράφηκε στην παράγραφο 3.7 δεν γίνεται να αποδειχθεί με ντετερμινιστικό τρόπο πώς οδηγεί στα καλύτερα αποτελέσματα. Τέλος, αν και όπως φάνηκε στην παράγραφο 5.3 οι χρήστες που δοκίμασαν το σύστημα θεώρησαν τις προτάσεις ακριβείς και απάντησαν πώς ενδιαφέρονται για μία εφαρμογή που χρησιμοποιεί τον αλγόριθμο που αναπτύχθηκε στα πλαίσια της παρούσης εργασίας, για την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων είναι απαραίτητη η αξιολόγηση και δοκιμή του συστήματος από περισσότερους χρήστες.

Συνοψίζοντας, η ανάθεση αυτής της διπλωματικής και τελικά η σχεδίαση, ανάπτυξη και αξιολόγηση του συστήματος ήταν μία πολύ χρήσιμη εργασία για μένα και η βιβλιογραφική έρευνα που πραγματοποιήθηκε με βοήθησε να καταλάβω σε βάθος τη λογική πίσω από τα συστήματα προτάσεων γενικά και τα συστήματα διατροφικών προτάσεων ειδικότερα. Τέλος, η ενασχόλησή με τα τεχνολογικά εργαλεία (γλώσσες προγραμματισμού, βάσεις δεδομένων, πλατφόρμες ανάπτυξης, κανόνες λογικής) που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξη του συστήματος μου έδωσε το έναυσμα για περαιτέρω έρευνα των δυνατοτήτων τους, με στόχο την ανάπτυξη και άλλων ολοκληρωμένων συστημάτων προτάσεων.

6.2 Προτάσεις για μικρές βελτιώσεις

Το σύστημα που αναπτύχθηκε στο πλαίσιο της διπλωματικής εργασίας επιδέχεται κάποιες βελτιώσεις, οι οποίες θα έχουν άμεσο αντίκτυπο στα αποτελέσματα που παράγει.

Μια πρώτη βελτίωση αφορά στον όγκο και την ποιότητα των πληροφοριών για τα πιάτα που επεξεργάζεται το σύστημα και τις δυνατές ασθένειες του χρήστη. Είναι δυνατόν να υλοποιηθεί μία μεγαλύτερη βάση δεδομένων που να καλύπτει ένα μεγαλύτερο φάσμα πιάτων και περισσότεροι κανόνες που θα καλύπτουν ένα ευρύτερο φάσμα ιατρικών προφίλ. Με αυτό τον τρόπο, θα γίνεται καλύτερη αποτύπωση της κατάστασης της υγείας του χρήστη και ο μεγαλύτερος όγκος διαθέσιμων πιάτων θα οδηγεί σε λήψη ορθότερων αποφάσεων και σε προτάσεις περισσότερων οικείων προς το χρήστη πιάτων.

Μία δεύτερη βελτίωση αφορά στον τρόπο που το σύστημα παίρνει πληροφορίες για τις προτιμήσεις του χρήστη σε φαγητά. Στο ήδη υλοποιημένο σύστημα ο χρήστης καλείται να βαθμολογήσει δέκα πιάτα από δέκα δημοφιλείς κατηγορίες πιάτων. Αυτές οι κατηγορίες πιάτων θα μπορούσαν να έχουν διαφορετικό συντελεστή βαρύτητας στον υπολογισμό των βαθμολογιών των συστατικών (ingredients rating), ανάλογα με τις απαντήσεις που θα έδινε ο χρήστης, σε μία σειρά ερωτήσεων που θα του έθετε το σύστημα. Έτσι μειώνεται το αντίκτυπο μιας λανθασμένης βαθμολογίας από το χρήστη.

Επιπλέον, μπορεί να προστεθεί η επιλογή για ολικό αποκλεισμό συστατικών από το χρήστη για λόγους καθαρά προτίμησης. Στο σύστημα που αναπτύχθηκε συστατικά μπορούν να αποκλειστούν μόνο λόγω επιπλοκών που προκύπτουν από το ιατρικό ιστορικό του χρήστη.

Όπως φάνηκε και στο τρίτο κεφάλαιο μελλοντικές βελτιώσεις πρέπει να γίνουν στο ερώτημα πώς ο αλγόριθμος βαθμολογεί συστατικά για τα οποία δεν έχουμε καμία βαθμολογία από χρήστες στη βάση δεδομένων. Διαφορετικές προσεγγίσεις ίσως έδιναν καλύτερες προβλέψεις. Η προσέγγιση που επιλέχθηκε ήταν μία λελογισμένη υπόθεση, αλλά δεν υπάρχει κάποιος απόλυτος τρόπος να αποδειχθεί το πόσο αποτελεσματική ή όχι είναι αυτή η επιλογή.

Τέλος, τα πιάτα θα μπορούσαν να είναι χωρισμένα σε κατηγορίες ανάλογα με τις πιο δημοφιλείς δίαιτες (για παράδειγμα μεσογειακή διατροφή (53)) και ο χρήστης να επιλέγει, προαιρετικά, τις κατηγορίες πιάτων για τις οποίες θα ήθελε να λάβει συστάσεις. Με αυτόν τον τρόπο θα μειωνόταν η πιθανότητα το σύστημα να προτείνει ένα πιάτο εντελώς άγνωστο

για το χρήστη. Η επιλογή κατηγορίας θα είναι προαιρετική, για τις περιπτώσεις που ο χρήστης θα επιθυμούσε να δοκιμάσει κάποια εξωτικά πιάτα ή νέες κουζίνες.

6.3 Μελλοντικές επεκτάσεις

Εκτός από βελτιώσεις του ίδιου του συστήματος, μπορούν να γίνουν κάποιες μεγαλύτερες επεκτάσεις που θα επιτρέπουν τη χρήση και σύνδεση του συστήματος της παρούσης διπλωματικής εργασίας σε ένα ευρύτερο πεδίο εφαρμογών.

Μία επέκταση του συστήματος έχει υλοποιηθεί ήδη με την ενσωμάτωση του αλγορίθμου στην εφαρμογή που αναπτύχθηκε στα πλαίσια του έργου ΔΙΣΥΣ.

Μία δεύτερη επέκταση του συστήματος αφορά τη χρήση του σε τομείς της υγείας και περίθαλψης. Για την επέκταση αυτή θα δοθεί έμφαση στους κανόνες με το ιατρικό ιστορικό των χρηστών και θα προστεθεί ειδική κατηγορία πιάτων κατάλληλων για σερβίρισμα σε χρήστες που νοσηλεύονται. Επίσης μπορεί να επεκταθεί με κατεύθυνση προς τη προληπτική ιατρική, εισάγοντας στη βάση δεδομένων πιάτων που βοηθούν στη πρόληψη ασθενειών, τα πιάτα αυτά θα μπορούσαν να ανήκουν σε κάποια ξεχωριστή αρχική κατηγορία «πρόληψης».

Με τον ίδιο τρόπο, μπορούν να υλοποιηθούν και άλλες επεκτάσεις σε τομείς όπως ο αθλητισμός, ο τουρισμός και η εστίαση. Αυτό μπορεί να γίνει δημιουργώντας κατάλληλες κατηγορίες χρηστών και εμπλουτίζοντας τους κανόνες λογικής και τη βάση δεδομένων με δεδομένα κατάλληλα για κάθε τομέα. Για παράδειγμα στον τομέα του τουρισμού, έχουμε μία κατηγορία χρηστών «τουρίστες» και στον υπολογισμό των διατροφικών προτάσεων εξετάζονται πιάτα της κουζίνας που επισκέπτεται ο τουρίστας ή για «αθλητές» οι κανόνες λογικής εμπλουτίζονται και προσθέτονται πιάτα ειδικά για αθλητές στη βάση δεδομένων. Στον υπολογισμό των προτάσεων σε αυτά τα πιάτα θα δοθεί έμφαση (μέσω κάποιου συντελεστή βαρύτητας για παράδειγμα).

Επιπλέον, ένα νέο χαρακτηριστικό μεγάλης σημασίας ίσως είναι οι προτάσεις σε ομάδες χρηστών όπως για παράδειγμα παραγωγή διατροφικών πλάνων για τα μέλη μιας οικογένειας, προτάσεις για τη διατροφή των εργαζομένων σε μία επιχείρηση ή παρουσίαση των διατροφικών επιλογών μιας λέσχης πανεπιστημίου. Φυσικά κάθε μέλος των παραπάνω ομάδων μπορεί να έχει εντελώς διαφορετικές προτιμήσεις πιάτων, οπότε η υλοποίηση αυτής της επέκτασης απαιτεί παραπάνω δουλειά από την ενσωμάτωση απλώς μιας επιλογής για ομαδικές ψηφοφορίες και δημιουργία των αντίστοιχων ομάδων από χρήστες.

Μία ακόμα μελλοντική επέκταση, αφορά στον αλγόριθμο υπολογισμού των βαθμολογιών για νέα πιάτα από βαθμολογήσεις του χρήστη σε πιάτα που έχει δοκιμάσει. Ο αλγόριθμος που αναπτύχθηκε βασίζεται στις βαθμολογήσεις ξεχωριστών συστατικών για την παραγωγή προτάσεων για νέα πιάτα. Ωστόσο, τα συστατικά του πιάτου είναι μόνο ένας από τους παράγοντες που επηρεάζουν το τελικό γευστικό αποτέλεσμα (και κατά συνέπεια τη βαθμολογία που ίσως βάλει ο χρήστης). Άλλοι σημαντικοί παράγοντες που επηρεάζουν τη γευστική αξία ενός πιάτου και τη βαθμολογία που θα πάρει είναι:

- Μέθοδος προετοιμασίας πιάτου
- Διαφορές στην ποιότητα των πρώτων υλών έχουν μεγάλη επίδραση στο τελικό γευστικό αποτέλεσμα. Έτσι, ένα συστατικό μπορεί να πάρει χαμηλή βαθμολογία επειδή στο πιάτο που δοκίμασε ο χρήστης είχε χρησιμοποιηθεί η χαμηλής ποιότητας εκδοχή του.
- Διαφορετικοί συνδυασμοί συστατικών μπορούν να παράξουν πολύ διαφορετικά αποτελέσματα τόσο σε θέματα γεύσης όσο και πρόσληψης

θρεπτικών συστατικών. Το πρόβλημα που δημιουργείται εδώ έχει δύο διαστάσεις. Αφενός γευστικά δύο ανεξάρτητα υλικά μπορεί να αρέσουν στο χρήστη, όμως ο συνδυασμός τους να είναι καταστροφικός για τις προτιμήσεις του ή το αντίστροφο. Αφετέρου, πολλά υλικά αναιρούν τα θρεπτικά στοιχεία άλλων υλικών ή μειώνουν την απορροφητικότητα τους από τον οργανισμό.

Τέλος, η ανάπτυξη εφαρμογής για έξυπνα κινητά τηλέφωνα είναι ακόμα μία επέκταση, αν αναλογιστούμε τις τεράστιες βάσεις χρηστών σε κινητά Android και iOS, κάτι που θα οδηγούσε σε βελτίωση της ποιότητας των προτάσεων αλλά και στην αξιολόγηση.

Βιβλιογραφία

1. *Lifestyle and future health: evidence from the Alameda County study.* **Wiley, J. A., and Camacho, T.** 9, s.l. : Prev Med, 1980.
2. *Healthy Lifestyle Habits and Mortality in Overweight and Obese Individuals.* **Eric M. Matheson, MS, MD, Dana E. King, MS, MD and Charles J. Everett, PhD.** 1, The Journal of the American Board of Family Medicine, Τόμ. 25.
3. **Ungar, Peter S.** *Evolution of the human diet: the known, the unknown, and the unknowable.* s.l. : Oxford University Press, 2007.
4. *Overweight and obesity: prevalence, consequences, and causes of a growing public health problem.* **Wyatt, Sharon B., Karen P. Winters, and Patricia M. Dubbert.** 4, 2006, The American journal of the medical sciences, Vol. 331, pp. 166-174.
5. *Finucane MM, Stevens GA, Cowan MJ, et al. National, regional, and global trends in body-mass index since 1980: systematic analysis of health examination surveys and epidemiological studies with 960 country-years and 9.1 million participants.*
6. *de Onis M, Blossner M, Borghi E. Global prevalence and trends of overweight and obesity among preschool children. Am J Clin Nutr. 2010;92:1257-64.*
7. *Chronic disease information sheet.* [Ηλεκτρονικό]
<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/en/index>.
8. *Obesity as a disease: a white paper on evidence and arguments commissioned by the Council of the Obesity Society.* **DB Allison, M Downey, RL Atkinson, CJ Billington.**
9. *Towards memory supporting personal information.* **Elsweiler, D., Ruthven, I., Jones, C.**
10. *Calorie labeling and food choices: a first look at the effects on low-income people in New York City.* **Elbel, Brian, et al.** 6, 2009, Health Affairs, Τόμ. 28, σσ. 1110-1121.
11. *Consumer awareness of fast-food calorie information in New York City after implementation of a menu labeling regulation.* **DUMANOVSKY, Tamara, et al.** 12, 2010, American Journal of Public Health, Vol. 100, pp. 2520-2525.
12. *Online information search: vacation planning process.* **Pan, B. και Fesenmaier, D.R.** 3, 2006, Annals of Tourism Research, Τόμ. 33, σσ. 809-32.
13. *Determinants of customers' responses to customized offers: conceptual framework and research propositions.* **Simonson, I.** 2005, Journal of Marketing, Τόμ. 69, σσ. 32-45.
14. **Fesenmaier, D.R., Werthner, H. και Wober, K.** *Destination Recommendation Systems.* Cambridge, MA : CABI, 2006.
15. *Consumer decision making in online shopping environments: the effects of interactive decision aids.* **Haubl, G. και Trifts, V.** 1, 2000, Marketing Science, Τόμ. 19, σσ. 4-21.
16. *Computer-assisted travel counseling.* **Hruschka, H. και Mazanec, J.** 1990, Annals of Tourism Research, Τόμ. 17, σσ. 208-227.

17. **Manazec, J.A.** Building adaptive systems: a neural net approach. *Destination Recommendation Systems: Behavioural Foundations and Applications*. Cambridge, MA : CABI, 2006, σσ. 137-70.
18. ΔΙΣΥΣ. *ΔΙΣΥΣ Αρχιτεκτονική*. [Ηλεκτρονικό] <http://disys.gr/ProjectFramework>.
19. *Recommender systems*. **Resnick, P. και Varian, H.R.** 3, 1997, Communications of the ACM, Τόμ. 40, σσ. 56-58.
20. *Toward the next generation of recommender systems: A survey of the state-of-the-art and possible extensions*. **Adomavicius, G. και Tuzhilin, A.** 6, 2005, IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, Τόμ. 17, σσ. 734–749.
21. **Tuzhilin, Adomavicius and.** 2005.
22. *Design and Evaluation of Recommender Systems*. **Cremonesi, Paolo και Pearl, Pu.** Rome, Italy : s.n., 2013. UMAP 2013.
23. *An algorithm for suffix stripping*. **Porter, M.F.** 3, 1980, Program: electronic library and information systems, Τόμ. 14, σσ. 130-137.
24. **Cohen, W.** Learning Rules that Classify E-Mail. *Papers from the AAAI Spring Symposium on Machine Learning in Information Access*. σσ. 18-25.
25. *A learning agent for wireless news access*. **Billsus, D., Pazzani, M.J. και Chen, J.** New York, NY, USA : s.n., 2000. Proceedings of the 5th international conference on Intelligent user interfaces.
26. *Learning and Revisin User Profiles: The identification of interesting web sites*. **Pazzani, M.J. και Billsus, D.** 3, 1997, Machine Learning, Τόμ. 27, σσ. 313-331.
27. *A Comparison of Collaborative-Filtering Recommendation Algorithms for E-commerce*. **Huang, Z, Zeng, D. και Chen, H.** 5, 2007, IEEE Intelligent Systems, Τόμ. 22, σσ. 68-78.
28. *Context-Aware User Modeling for Recommendation*. **Mobasher, Bamshad.** Rome, Italy : s.n. UMAP 2013.
29. *Knowledge-based recommender systems*. **Burke, R.** 32, 2000, Encyclopedia of Library and Information Systems, Τόμ. 69, σσ. 175-186.
30. *Hybrid recommender systems: Survey and experiments*. **Burke, R.** 4, 2002, User Modeling and User-Adapted Interaction, Τόμ. 12, σσ. 331-370.
31. *Linked Data - The Stpry So Far*. **Bizer, C.** 3, s.l. : International Journal on Semantic Web and Information Systems, 2009, Τόμ. 5.
32. **wikipedia**. https://en.wikipedia.org/wiki/Dietary_Reference_Intake. [Ηλεκτρονικό]
33. <http://ndb.nal.usda.gov/ndb>. [Ηλεκτρονικό]
34. *A methodology for profiling consumers' decision-making styles*. **Sproles, G.B. και Kendall, E.** 2, 1986, The Journal of Consumer Affairs, Τόμ. 20, σσ. 268-279.

35. *Decision-making style: the development and assessment of a new measure.* **Scott, S.G. και Bruce, R.A.** 5, 1995, Educational and Psychological Measurement, Τόμ. 55, σσ. 818-831.
36. *Introducing learning and adaptivity into web-based recommender systems for.* **Mazanec, J.A.** 4, 2002, Tourism Review, Τόμ. 57, σσ. 8-14.
37. http://disco.ethz.ch/theses/fs11/FooDroid_Report.pdf.
38. WHO. [Ηλεκτρονικό] www.who.int/topics/nutrition/en/.
39. BMI. [Ηλεκτρονικό]
http://www.cdc.gov/healthyweight/assessing/bmi/adult_bmi/index.html#Reliable.
40. *Model-view-controller (mvc) architecture.* **DEACON, John.** Τόμ. [Online] [Citado em: 10 de março de 2006.] <http://www.jdl.co.uk/briefings/MVC.pdf>, 2009.
41. **Reelsen, Alexander.** *Play Framework Cookbook.* 2011.
42. Play Framework. [Ηλεκτρονικό] <https://www.playframework.com>.
43. Stateless_protocol. *Wikipedia.* [Ηλεκτρονικό]
https://en.wikipedia.org/wiki/Stateless_protocol.
44. sbt. *wikipedia.* [Ηλεκτρονικό] <https://en.wikipedia.org/wiki/Sbt>.
45. Scala. *Scala Wikipedia.* [Ηλεκτρονικό] <https://el.wikipedia.org/wiki/Scala>.
46. Drools. *wikipedia.* [Ηλεκτρονικό] <https://en.wikipedia.org/wiki/Drools>.
47. <http://www.drools.org/>. <http://www.drools.org/>. [Ηλεκτρονικό] <http://www.drools.org/>.
48. FDA. *FDA.* [Ηλεκτρονικό] <http://www.fda.gov/>.
49. **Oracle.** MySQL 5.7 Manual. *MySQL Documentation - MySQL 5.7 Manual.* [Ηλεκτρονικό] <http://dev.mysql.com/doc/refman/5.7/en/what-is-mysql.html>.
50. **Berners-Lee, T. , Fielding, R. και Frystyk, H.** Hypertext Transfer Protocol -- HTTP/1.0. Μάιος 1996.
51. **Pearl Pu, Li Chen.** *A User-Centric Evaluation Framework of Recommender.*
52. **Venkatesh, V., Morris, M.G., Davis, G.B. and Davis, F.D.** *User acceptance of information technology: Toward a s.l. : MIS Quarterly, 2003, 27, 3, 425-478., 2003.*
53. *The Mediterranean Diet: Health Benefits, Utility, and Practicality.* **Hill, Rachel.** 2010.

Παράρτημα Α

Παρουσιάζεται ο κώδικας σε Java του αλγορίθμου υπολογισμού προτιμήσεων.

```
package recommender;

import java.io.BufferedReader;
import java.io.IOException;
import java.io.InputStreamReader;
import java.util.ArrayList;
import java.util.Arrays;
import java.util.Collection;
import java.util.Collections;
import java.util.Comparator;
import java.util.HashMap;
import java.util.List;
import java.util.Map;
import java.util.Map.Entry;
import play.Logger;
import com.avaje.ebean.Ebean;
import com.avaje.ebean.Query;
import drools.controller.RuleRunner;
import models.relations.JoinCustomerIngredientsRating;
import models.relations.JoinDishingredient;
import models.relations.Joinrestaurantdish;
import models.restaurant.Dish;
import models.user.Profile;

// calculate Preference based on History
public class Recommender {

    public Profile runProfileRules (Profile profile){
        String[] basicRules = { "rules/basic/step1.drl", "rules/basic/step2.drl", "rules/basic/step3.drl",
                                "rules/basic/step4.drl", "rules/basic/step5.drl", "rules/basic/step6.drl"
        };
        RuleRunner userRunner = new RuleRunner();
        Object[] profileFacts = {profile};
        userRunner.runRules(basicRules, profileFacts);
        return profile;
    }

    public ArrayList<Dish> runDishRules(Profile profile, ArrayList<Dish> dishes) {
        ArrayList<Dish> filteredDishes = new ArrayList<Dish>();
        String[] dishRules = { "rules/exclude/step7_pregnancy.drl",
                                "rules/exclude/step7_hyperuricemia_excludes.drl",
                                "rules/exclude/step7_celiac_disease.drl",
                                "rules/exclude/step7_anemia.drl",
                                "rules/preferences/step8_bread.drl",
                                "rules/preferences/step8_eggs.drl",
                                "rules/preferences/step8_feta.drl",
                                "rules/preferences/step8_kasari.drl",
                                "rules/preferences/step8_lactose.drl",
                                "rules/preferences/step8_lamp.drl",
                                "rules/preferences/step8_milk.drl",
                                "rules/preferences/step8_pork.drl",
                                "rules/preferences/step8_seeds.drl",
                                "rules/preferences/step8_shells.drl",
        
```

```

        "rules/preferences/step8_sogia.drl",
        "rules/preferences/step8_veal.drl",
        "rules/preferences/step8_wheat.drl"
    };
    RuleRunner runner = new RuleRunner();
    for (int i = 0; i < dishes.size(); i++) {
        Dish dish = Ebean.find(Dish.class, dishes.get(i).getId());
        Logger.debug("dish id: " + dish.getId());
        Object[] facts = {profile, dish};
        runner.runRules(dishRules, facts);
    }
    return dishes;
}

public LinkedHashMap<Dish, Double> getRecommendations(Profile profile, ArrayList<Dish> dishes)
{
    LinkedHashMap<Dish, Double> filteredDishesWithPreferences = new
LinkedHashMap<Dish, Double>();
    dishes = runDishRules(profile, dishes);
    for (Dish dish : dishes) {
        if (!dish.getExclude()){
            filteredDishesWithPreferences.put(dish, getPreferenceForDish(profile, dish) +
dish.getPriority());
            Logger.debug("don't exclude");
        }
        Logger.debug("dish ingredient ααδδσφσδφ size: " +
dish.getListOfIngredientsArray().size());
        Logger.debug("dish ingredients size: " +
Arrays.toString(dish.getListOfIngredientsArrayStr()));
    }
    List<Entry<Dish, Double>> entries = new ArrayList<Map.Entry<Dish,
Double>>(filteredDishesWithPreferences.entrySet());
    Collections.sort(entries, new Comparator<Map.Entry<Dish, Double>>() {

        public int compare(Map.Entry<Dish, Double> a, Map.Entry<Dish, Double> b){
            return a.getValue().compareTo(b.getValue());
        }

    });

    LinkedHashMap<Dish, Double> sortedDishes = new LinkedHashMap<Dish, Double>();
    for (Map.Entry<Dish, Double> entry : entries) {
        sortedDishes.put(entry.getKey(), entry.getValue());
    }
    return sortedDishes;
}

public double getPreferenceForDish (Profile person, Dish dishBean) {
    int counter=0;
    double sum=0.0;
    // lista me ta ingredients tou dishbean
    List<Joindishingredient> ingredientDishes = Ebean.find(Joindishingredient.class)
        .where()
        .eq("dishid", dishBean.getId())
        .findList();

    // gia kathe ingredient tis proigumenis listas vres to rating tu ston pinaka
joindishingredientsrating
    for (Joindishingredient joindishingredients : ingredientDishes){
        JoinCustomerIngredientsRating ingredientRating =
Ebean.find(JoinCustomerIngredientsRating.class)

```

```

        .where()
        .eq("ingredientid", joindishingredients.getIngredient().getId() )
        .eq("user_id",person.getId())
        .findUnique();

        if (ingredientRating != null){
            counter++;
            sum+=ingredientRating.getRating();
        }
    }
    if (sum==0) return 0.0;
    else return sum/counter ;
}

public static void test_function(Profile profile) {
    List<JoinCustomerIngredientsRating> test =
Ebean.find(JoinCustomerIngredientsRating.class)
        .where()
        .eq("user_id", profile.getId())
        .findList();
    for (JoinCustomerIngredientsRating joinCustomerIngredientsRating : test){

        joinCustomerIngredientsRating.setCount_rating(0);
        Ebean.save(joinCustomerIngredientsRating);
    }
}

public static boolean calculateIngredientRatings(Profile profile, Dish dish, Double rating) {

    List<Joindishingredient> ingredientDishes = Ebean.find(Joindishingredient.class)
        .where()
        .eq("dishid", dish.getId())
        .findList();
    for (Joindishingredient joindishingredient : ingredientDishes){
        JoinCustomerIngredientsRating ingredientRating = Ebean.find(JoinCustomerIngredientsRating.class)
            .where()
            .eq("ingredientid", joindishingredient.getIngredient().getId() )
            .eq("user_id",profile.getId())
            .findUnique();

        if (ingredientRating != null){
            double temp = ((rating + (ingredientRating.getCount_rating() *
ingredientRating.getRating())) / (ingredientRating.getCount_rating() + 1) );
            ingredientRating.setRating(temp);
            int count_rating = ingredientRating.getCount_rating() + 1;
            ingredientRating.setCount_rating(count_rating);
            Ebean.save(ingredientRating);
        }
        else{
            System.out.println(profile.getId()+ "yolo");
            JoinCustomerIngredientsRating newRating = new
JoinCustomerIngredientsRating();
            newRating.setProfile(profile);
            newRating.setRating(rating*1.0);
            newRating.setCount_rating(1);
            newRating.setIngredient(joindishingredient.getIngredient());

            Ebean.save(newRating);
        }
    }
}

```

```
        }  
    }  
    return true;  
}  
}
```

Παράρτημα Β

Στο παράρτημα αυτό παραθέτονται οι πίνακες της βάσης δεδομένων που χρησιμοποιεί το σύστημα. Η βάση δεδομένων αναπτύχθηκε στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας.

Πίνακας 2 - *user_ratings*

Στήλη	Τύπος	Κενό
ID (<i>Πρωτεύον</i>)	int(11)	Όχι
user	int(11)	Όχι
dish	int(11)	Όχι
rating	int(11)	Όχι

Πίνακας 3 – *user*

Στήλη	Τύπος	Κενό	Προεπιλογή	Σύνδεση με
id (<i>Πρωτεύον</i>)	int(11)	Όχι		
email	varchar(45)	Ναι	NULL	
mobilephone	varchar(45)	Ναι	NULL	
surname	varchar(45)	Ναι	NULL	
alias	varchar(45)	Ναι	NULL	
phone	varchar(45)	Ναι	NULL	
country	varchar(45)	Ναι	NULL	
city	varchar(45)	Ναι	NULL	
postalcode	varchar(45)	Ναι	NULL	
weight	float	Ναι	NULL	
height	float	Ναι	NULL	
hgenderid	int(11)	Ναι	NULL	hgender -> id
name	varchar(45)	Ναι	NULL	

Πίνακας 4 – *dish*

Στήλη	Τύπος	Κενό	Προεπιλογή	Σύνδεση με
id (<i>Πρωτεύον</i>)	int(11)	Όχι		
name	varchar(45)	Ναι	NULL	
cousineid	int(11)	Ναι	NULL	hcousine -> id
portions	int(11)	Ναι	NULL	
categoryid	int(11)	Ναι	NULL	hcategory -> id
characteristicid	int(11)	Ναι	NULL	hcharacteristic -> id
price	float	Ναι	NULL	
calories	float	Ναι	NULL	
dateadded	date	Ναι	NULL	
dayperiod	int(11)	Ναι	NULL	

Πίνακας 5 – *ingredient*

Στήλη	Τύπος	Κενό	Προεπιλογή	Σύνδεση με
id (<i>Πρωτεύον</i>)	int(5)	Όχι		
Code	varchar(8)	Ναι	NULL	
GroupCode	varchar(8)	Ναι	NULL	
Shrt_Desc	varchar(256)	Ναι	NULL	
Water_g	decimal(5,2)	Ναι	NULL	
Energ_Kcal	int(3)	Ναι	NULL	
Protein_g	decimal(5,2)	Ναι	NULL	
Lipid_Tot_g	decimal(5,2)	Ναι	NULL	
Ash_g	decimal(5,2)	Ναι	NULL	
Carbohydrt_g	decimal(5,2)	Ναι	NULL	
Fiber_TD_g	decimal(4,1)	Ναι	NULL	
Sugar_Tot_g	decimal(5,2)	Ναι	NULL	
Calcium_mg	int(4)	Ναι	NULL	
Iron_mg	decimal(5,2)	Ναι	NULL	
Magnesium_mg	int(3)	Ναι	NULL	
Phosphorus_mg	int(4)	Ναι	NULL	
Potassium_mg	int(4)	Ναι	NULL	
Sodium_mg	int(5)	Ναι	NULL	
Zinc_mg	decimal(5,2)	Ναι	NULL	

Στήλη	Τύπος	Κενό	Προεπιλογή	Σύνδεση με
Copper_mg	decimal(6,3)	Ναι	NULL	
Manganese_mg	decimal(6,3)	Ναι	NULL	
Selenium_μg	decimal(5,1)	Ναι	NULL	
Vit_C_mg	decimal(6,1)	Ναι	NULL	
Thiamin_mg	decimal(5,3)	Ναι	NULL	
Riboflavin_mg	decimal(5,3)	Ναι	NULL	
Niacin_mg	decimal(6,3)	Ναι	NULL	
Panto_Acid_mg	decimal(6,3)	Ναι	NULL	
Vit_B6_mg	decimal(5,3)	Ναι	NULL	
Folate_Tot_μg	int(4)	Ναι	NULL	
Folic_Acid_μg	int(4)	Ναι	NULL	
Food_Folate_μg	int(3)	Ναι	NULL	
Folate_DFE_μg	int(4)	Ναι	NULL	
Choline_Tot_mg	decimal(6,1)	Ναι	NULL	
Vit_B12_μg	decimal(5,2)	Ναι	NULL	
Vit_A_IU	int(6)	Ναι	NULL	
Vit_A_RAE_μg	int(5)	Ναι	NULL	
Retinol_μg	int(5)	Ναι	NULL	
Alpha_Carot_μg	int(5)	Ναι	NULL	
Beta_Carot_μg	int(5)	Ναι	NULL	
Beta_Crypt_μg	int(4)	Ναι	NULL	
Lycopene_μg	int(5)	Ναι	NULL	
LutZea_μg	int(5)	Ναι	NULL	
Vit_E_mg	decimal(5,2)	Ναι	NULL	
Vit_D_μg	decimal(4,1)	Ναι	NULL	
Vit_D_IU	int(5)	Ναι	NULL	
Vit_K_μg	decimal(6,1)	Ναι	NULL	
FA_Sat_g	decimal(6,3)	Ναι	NULL	
FA_Mono_g	decimal(6,3)	Ναι	NULL	
FA_Poly_g	decimal(6,3)	Ναι	NULL	
Cholestrl_mg	int(4)	Ναι	NULL	
GmWt_1	decimal(6,2)	Ναι	NULL	
GmWt_Desc1	varchar(256)	Ναι	NULL	
GmWt_2	decimal(6,2)	Ναι	NULL	
GmWt_Desc2	varchar(256)	Ναι	NULL	

Στήλη	Τύπος	Κενό	Προεπιλογή	Σύνδεση με
Category	int(11)	Ναι	NULL	

Πίνακας 6 – Joinuseringredientrating

Στήλη	Τύπος	Κενό	Προεπιλογή	Σύνδεση με
id (Πρωτεύον)	int(11)	Όχι		
user_id	int(11)	Όχι		
ingredientid	int(11)	Όχι		
rating	decimal(6,3)	Όχι		
count_rating	int(11)	Όχι		

Πίνακας 7 – Joinusermedicalcondition

Στήλη	Τύπος	Κενό	Προεπιλογή	Σύνδεση με
id (Πρωτεύον)	int(11)	Όχι		
customerprofileid	int(11)	Ναι	NULL	customerprofile -> id
medicalconditionid	int(11)	Ναι	NULL	medicalcondition -> id

Πίνακας 8 – Joindishingredient

Στήλη	Τύπος	Κενό	Προεπιλογή	Σύνδεση με
id (Πρωτεύον)	int(11)	Όχι		
dishid (Πρωτεύον)	int(11)	Όχι		dish -> id
ingredientid (Πρωτεύον)	int(5)	Όχι		ingredient -> id
amount	decimal(4,2)	Ναι	NULL	
metric	int(11)	Ναι	NULL	

Πίνακας 9 – Joinuserdish

Στήλη	Τύπος	Κενό	Προεπιλογή	Σύνδεση με
user_id (Πρωτεύον)	int(11)	Όχι		user -> id
dish_id (Πρωτεύον)	int(11)	Όχι		dish -> id
rating	int(11)	Ναι	NULL	

Πίνακας 10 – Joinusermedicalcondition

Στήλη	Τύπος	Κενό	Προεπιλογή	Σύνδεση με
id (Πρωτεύον)	int(11)	Όχι		
userid (Πρωτεύον)	int(11)	Όχι		user -> id
medicalconditionid (Πρωτεύον)	int(11)	Όχι		medicalcondition -> id

Πίνακας 11 – Medicalcondition

Στήλη	Τύπος	Κενό	Προεπιλογή	Σύνδεση με
id (Πρωτεύον)	int(11)	Όχι		
name	varchar(45)	Ναι	NULL	

Πίνακας 12 – Nutritionalpreferences

Στήλη	Τύπος	Κενό	Προεπιλογή	Σύνδεση με
id (Πρωτεύον)	int(11)	Όχι		
userid (Πρωτεύον)	int(11)	Όχι		user -> id
ingredientid (Πρωτεύον)	int(5)	Όχι		ingredient -> id
hpreferencetypeid	int(11)	Όχι		h_preferencetype -> id

