



Πανεπιστήμιο Πειραιώς – Τμήμα Πληροφορικής

Διδακτορική Διατριβή

Τίτλος Διατριβής	Ολοκληρωμένο Σύστημα Σύστασης Εργασίας-Εργαζομένου Βασισμένο στην Εισαγωγή Περιορισμών Constraint-Based Integrated Job Recommender System
Όνοματεπώνυμο Φοιτητή	Νικόλαος Αλμαλής
Πατρώνυμο	Δημήτριος
Επιβλέπων	Γεώργιος Τσιχριντζής, Καθηγητής

Οκτώβριος 2018

«Ολοκληρωμένο Σύστημα Σύστασης Εργασίας-Εργαζομένου Βασισμένο στην Εισαγωγής Περιορισμών»

Διδακτορική Διατριβή του Αλμαλή Δ. Νικολάου

(Υποβλήθηκε στο Τμήμα Πληροφορικής του Πανεπιστημίου Πειραιώς, Οκτώβριος 2018)

Επταμελή Επιτροπή Εξέτασης

1. Γ. Τσιχριντζή, Καθηγητή Πανεπιστημίου Πειραιώς
2. Α. Σαπουνάκη, Καθηγητή Πανεπιστημίου Πειραιώς
3. Γ. Στυλιάρá, Αν. Καθηγητή Πανεπιστημίου Πατρών
4. Α. Καμπάση, Αν.Καθηγήτρια ΤΕΙ Ιονίων Νήσων
5. Ε. Αλέπη, Επίκ. Καθηγητή Πανεπιστημίου Πειραιώς
6. Κ. Πατσάκη, Επίκ. Καθηγητή Πανεπιστημίου Πειραιώς
7. Ε. Σακκόπουλο, Επίκ. Καθηγητή Πανεπιστημίου Πειραιώς

17 Οκτωβρίου 2018

*«Δεν υπάρχει τίποτε αδύνατο,
γι' αυτόν που θα προσπαθήσει!»*

Αλέξανδρος ο Μέγας

Ευχαριστίες

Η παρούσα διατριβή εκπονήθηκε στα πλαίσια των διδακτορικών μου σπουδών, στο Τμήμα Πληροφορικής του Πανεπιστημίου Πειραιώς.

Θα ήθελα, ιδιαιτέρως, να ευχαριστήσω:

Τον επιβλέποντα Καθηγητή μου, κ. Τσιχριντζή Γεώργιο, ο οποίος με υπομονή και πραγματικό ενδιαφέρον, με ενθάρρυνε στην αναζήτηση της γνώσης και στην ανάπτυξη της επιστημονικής μου σκέψης.

Τα μέλη της συμβουλευτικής επιτροπής, για την επιστημονική και ηθική υποστήριξη των διδακτορικών μου σπουδών, καθώς και τα μέλη της επταμελούς επιτροπής.

Το προσωπικό του Τμήματος Πληροφορικής για την διοικητική και γραμματειακή υποστήριξη.

Τέλος, θα ήθελα εγκαρδώς να ευχαριστήσω την σύζυγο μου Αργυρώ και τα παιδιά μου Δημήτρη, Ευαγγελία, Σοφία και Αθηνά, που με στερήθηκαν, όλο αυτό το χρονικό διάστημα της κοπιώδους μου προσπάθειας, δείχνοντας υπομονή αλλά και αγάπη, σε αυτό το συναρπαστικό ταξίδι της Γνώσης!

Αλμαλής Δ. Νικόλαος

Πειραιώς 2018

ΣΥΝΟΨΗ

Έκρηξη Πληροφοριών είναι ο όρος που χρησιμοποιείται για να δηλώσει την ταχεία αύξηση των διαθέσιμων πληροφοριών. Ο όρος αυτός, φαίνεται να περιγράφει με τον πλέον ακριβή τρόπο το πρόβλημα που αντιμετωπίζει η δικτυοκεντρική και προσανατολισμένη στου Η/Υ κοινωνία μας. Καθημερινά, βρισκόμαστε αντιμέτωποι με μια πληθώρα δεδομένων, προερχόμενη από διαφορετικές πηγές. Όσο αυξάνεται ο αριθμός των διαθέσιμων δεδομένων, οι προκλήσεις διαχείρισης γίνονται πολυπλοκότερες. Επιπλέον, η *Πληροφοριακή Υπερπληθώρα* είναι υπεύθυνη για τις λανθασμένες ή άστοχες αποφάσεις των τελικών χρηστών. Η ύπαρξη πολλών επιλογών είναι ένα από τα μεγαλύτερα επιτεύγματα της κοινωνίας μας, αλλά χωρίς καμία μορφή ελέγχου ή φιλτραρίσματος, αυξάνεται η δυσκολία σωστών επιλογών.

Προκειμένου να ξεπεραστεί το πρόβλημα της *Πληροφοριακής Υπερπληθώρας*, η επιστημονική κοινότητα στράφηκε στην βελτίωση των διαθέσιμων τεχνικών φιλτραρίσματος. Τα *Συστήματα Σύστασης (Recommender Systems)* αναπτύχθηκαν για να αντιμετωπίσουν τα προβλήματα και να μετριάσουν τις αντιξοότητες που υφίσταται η κοινωνία μας. Η αναζήτηση εργασίας είναι ένας τομέας που μαστίζεται από το φαινόμενο της *Πληροφοριακής Υπερπληθώρας*.

Στην παρούσα διατριβή αντιμετωπίζουμε το πρόβλημα της *Πληροφοριακής Υπερπληθώρας* στον τομέα της αναζήτησης εργασίας, μέσω του προτεινόμενου *Συστήματος Σύστασης Εργασίας Βασισμένο σε Περιορισμούς*. Αρχικά διατυπώνεται μαθηματικά το πρόβλημα της αναζήτησης εργασίας και στην συνέχεια παρουσιάζεται η αρχιτεκτονική σχεδίαση του συστήματος με τον προτεινόμενο *Αλγόριθμο Σύστασης Τεσσάρων Διαστάσεων*. Σύμφωνα με τον αλγόριθμο κάθε δεξιότητα μπορεί να εκφραστεί υπό την μορφή τεσσάρων περιοριστικών κατηγοριών: ακριβούς τιμής, με κάτω όριο, με άνω όριο και με άνω και κάτω όριο. Με την προσέγγιση αυτή υπολογίζουμε την *καταλληλότητα* του εργαζόμενου για μια θέση εργασίας και όχι απλά την *ομοιότητα*. Τέλος, το πλαίσιο της διατριβής ολοκληρώνεται μέσω συγκριτικών πειραμάτων με πραγματικά δεδομένα.

ABSTRACT

Information Explosion is the term used to declare the fast augmentation of the amount of published information or data and the influence of this abundance. This term seems to describe in the most targeted way the problem our computer-network oriented society suffers. In everyday life, we are faced with an information-storming coming from diverse sources. As the amount of available data grows, the challenge of managing this information becomes less straightforward. In order to overcome the problem of *Information Overload*, we must increase and improve our existing filtering capabilities.

Moreover, the Information Overload is responsible for the poor decisions sometimes reached by end users such as purchasers, readers, recruiters or job seekers. Most of the times, having to select among many diverse items results in user decisions of lower-quality. Undoubtedly having choices is one of our society's greatest accomplishments, but without any form of control, the more choices coming up, the more overwhelmed a user may end up feeling. Thus Recommender Systems (RSs), the scientific child of the coexistence of various computer science fields i.e. Artificial Intelligence, Machine Learning, Data Mining, Information Retrieval and Human Computer Interaction, were invented to handle the issues and moderate the adversities emerged from Information Overload.

In this Thesis, we present a framework for a Constrain-Based Job Recommender System that matches available job positions with job seekers. Our framework utilizes the *Four Dimensions Recommendation Algorithm* (FoDRA) in which a job attribute (e.g. age of candidate) can be modeled in four classes: exact value (E), a range with lower limit (L), a range with upper limit (U) and a range with both lower and upper limit (LU). FoDRA allows us to better formulate the job seeking and recruiting domain in a computational form. We describe both the system architecture in a high-level and the algorithm formulation of the job seeking and recruiting domain required by FoDRA. Our framework is validated through comparative experiments with real data.



ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	VII
ΣΥΝΟΨΗ	IX
ABSTRACT	XI
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ	XIII
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	XVII
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	XVIII
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	3
«Πληροφοριακή Υπερπληθώρα» Μια Σύγχρονη Πραγματικότητα	3
Το Πρόβλημα Αναζήτησης Εργασίας-Εργαζομένου	6
Στόχοι και Δομή Διατριβής	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	11
ΕΠΟΧΗ ΤΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΥΣΤΑΣΗΣ	11
1.1 Συστήματα Σύστασης – Η Απάντηση στην «Πληροφοριακή Υπερπληθώρα»	11
1.2 Γενικά Χαρακτηριστικά των Συστημάτων Σύστασης	14
1.3 Ο Διπλός Ρόλος των Συστημάτων Σύστασης	16
1.3.1 Ο Ρόλος των Συστημάτων Σύστασης από την Οπτική του Παρόχου Υπηρεσιών	17
1.3.2 Ο Ρόλος των Συστημάτων Σύστασης από την Οπτική του Χρήστη	20
1.4 Δομική Ανάλυση των Συστημάτων Σύστασης	24
1.4.1 Το Δομικό Στοιχείο «Αντικείμενο»	24
1.4.2 Το Δομικό Στοιχείο «Χρήστης»	26
1.4.3 Το Δομικό Στοιχείο «Συναλλαγή»	27
1.5 Η Δυναμική των Συστημάτων Σύστασης στην Εποχή μας	29
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	35

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ	35
2.1 Γενική Επισκόπηση	35
2.2 Κατηγορίες Συστημάτων Σύστασης	37
2.2.1 Συστήματα Σύστασης Βασισμένα στο Συνεργατικό Φιλτράρισμα	38
2.2.2 Συστήματα Σύστασης Βασισμένα στο Περιεχόμενο	39
2.2.3 Συστήματα Σύστασης Βασισμένα στη Γνώση.....	41
2.2.4 Δημογραφικά Συστήματα Σύστασης	42
2.2.5 Συστήματα Σύστασης Βασισμένα σε Κοινότητα	42
2.2.6 Υβριδικά Συστήματα Σύστασης.....	44
2.3 Υλοποιήσεις Συστημάτων Σύστασης Εργασίας.....	45
2.4 Αναζήτηση Ομοιοτήτων και Συστήματα Σύστασης Εργασίας	53
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.....	59
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΤΥΠΩΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ ΑΝΑΖΗΤΗΣΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ-ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΥ	59
3.1 Δομικά Στοιχεία Συστημάτων Σύστασης Εργασίας	59
3.2 Οι Οντότητες «Χρήστη» και «Αντικειμένου» - Είδη Σχέσεων.....	60
3.3 Μαθηματικός Ορισμός του Προβλήματος Αναζήτησης Εργασίας-Εργαζομένου.....	63
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.....	65
ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΥΣΤΑΣΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ-ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΥ ΜΕ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΩΝ	65
4.1 Γενικά Χαρακτηριστικά	65
4.2 Σχεδιασμός Αρχιτεκτονικής	67
4.2.1 Μοντελοποίηση	68
4.2.2 Ενσωμάτωση Απαιτήσεων	70
4.2.3 Μηχανισμός Πρότασης	71
4.3 Η Ροή Δεδομένων στην Προτεινόμενη Αρχιτεκτονική.....	72
4.4 Πλεονεκτήματα Προτεινόμενης Αρχιτεκτονική.....	74
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.....	77

ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ΣΥΣΤΑΣΕΩΝ ΜΕ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΩΝ	77
.....	
5.1 Οι Τέσσερις Διαστάσεις Περιοριστικών Τιμών σε ένα Σύστημα Σύστασης Εργασίας-Εργαζομένου	77
5.2 Αλγόριθμος Σύστασης Τεσσάρων Διαστάσεων	79
5.2.1 Διάκριση Δομής Αλγόριθμου και Εφαρμοζόμενου Μέτρου Ομοιότητας	79
5.2.2 Ανάπτυξη του Αλγόριθμου Σύστασης Τεσσάρων Διαστάσεων	80
5.3 Παραδείγματα Εκτέλεσης του Αλγόριθμου	83
5.4 Αξιολόγηση Βάσει Γενικών Κριτηρίων Αλγορίθμων	85
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6	89
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ	89
6.1 Γενικά Στοιχεία	89
6.2 Μοντελοποίηση Οντοτήτων	90
6.3 Προσαρμογή Δεδομένων	91
6.3.1 Οντότητα «Εργαζόμενος» και Προσαρμογή Δεδομένων	92
6.3.2 Οντότητα «Εργασία» και Προσαρμογή Δεδομένων Ακριβούς Τιμής	93
6.3.3 Οντότητα «Εργασία» και Προσαρμογή Δεδομένων με Περιορισμούς	94
6.4 Εκτέλεση Αλγορίθμου και Συγκριτική Αξιολόγηση	95
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7	99
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΕΞΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ	99
7.1 Γενικά Στοιχεία Πειραματικής Διαδικασίας	99
7.2 Πειραματική Αξιολόγηση Σχέσης «1-1» Ένας Αναζητητής Εργασίας – Μία Θέση Εργασίας	100
7.3 Πειραματική Αξιολόγηση Σχέσης «1-N» Ένας Αναζητητής Εργασίας – Πολλές Θέσεις Εργασίας	103
7.4 Πειραματική Αξιολόγηση Σχέσης «N-1» Πολλοί Υποψήφιοι Εργαζόμενοι - Μία Θέση Εργασίας	109
7.5 Πειραματική Αξιολόγηση Σχέσης «N-N» Πολλές Θέσεις Εργασίας - Πολλοί Υποψήφιοι Εργαζόμενοι	114

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8	125
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ	125
8.1 Κύρια Σημεία Διατριβής	125
8.2 Αναλυτική Παρουσίαση Συμπερασμάτων	127
8.3 Προτάσεις για Μελλοντική Έρευνα.....	130
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	135
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ «Α»	151
Οδηγίες Εγκατάστασης Συστήματος Σύστασης Εργασίας- Εργαζομένου.....	151
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ «Β»	157
Οδηγίες Χρήσης Διεπαφής Συστήματος Σύστασης Εργασίας- Εργαζομένου	157
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ «Γ»	163
Λειτουργικός Κώδικας Προγραμματισμού Συστήματος Σύστασης Εργασίας-Εργαζομένου	163



ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

ΕΙΚΟΝΑ 1. ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΑΝΑΖΗΤΗΣΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ-ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΥ	7
ΕΙΚΟΝΑ 2. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΥΣΤΑΣΗΣ ΒΑΣΙΣΜΕΝΑ ΣΤΟ ΣΥΝΕΡΓΑΤΙΚΟ ΦΙΛΤΡΑΡΙΣΜΑ.....	38
ΕΙΚΟΝΑ 3. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΥΣΤΑΣΗΣ ΒΑΣΙΣΜΕΝΑ ΣΤΟ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ	40
ΕΙΚΟΝΑ 4. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΥΣΤΑΣΗΣ ΒΑΣΙΣΜΕΝΑ ΣΤΗ ΓΝΩΣΗ.....	41
ΕΙΚΟΝΑ 5. ΥΒΡΙΔΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΥΣΤΑΣΗΣ.....	44
ΕΙΚΟΝΑ 6. ΟΙ ΔΥΝΑΤΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΟΝΤΟΤΗΤΩΝ ΤΟΥ ΧΡΗΣΤΗ ΚΑΙ ΤΟΥ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΥ.	62
ΕΙΚΟΝΑ 7. ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΑΔΟΜΗΤΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ	69
ΕΙΚΟΝΑ 8. ΔΟΜΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΘΕΣΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΥ	70
ΕΙΚΟΝΑ 9. ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΠΡΟΤΑΣΗΣ	71
ΕΙΚΟΝΑ 10. ΔΟΜΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΥΨΗΛΟΥ ΕΠΙΠΕΔΟΥ	74
ΕΙΚΟΝΑ 11. ΒΑΣΙΚΑ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ.	85
ΕΙΚΟΝΑ 12. ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΙΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ <i>ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΥ</i> ΚΑΙ <i>ΘΕΣΗΣ</i> <i>ΕΡΓΑΣΙΑΣ</i>	91
ΕΙΚΟΝΑ 13. ΛΗΨΗ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΤΗ WAMPSERVER	151
ΕΙΚΟΝΑ 14. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΤΗ WAMPSERVER	153
ΕΙΚΟΝΑ 15. ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΟΥ ΦΑΚΕΛΟΥ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΤΗ WAMPSERVER	153
ΕΙΚΟΝΑ 16. ΚΟΝΣΟΛΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΤΗ WAMPSERVER.....	154
ΕΙΚΟΝΑ 17. ΔΙΕΠΑΦΗ ΕΛΕΓΧΟΥ ΡΥΘΜΙΣΕΩΝ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΤΗ WAMPSERVER ..	154
ΕΙΚΟΝΑ 18. ΡΥΘΜΙΣΕΙΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΤΗ WAMPSERVER.....	155
ΕΙΚΟΝΑ 19. Η ΑΡΧΙΚΗ ΣΕΛΙΔΑ ΤΗΣ ΔΙΕΠΑΦΗΣ ΤΟΥ «ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΡΟΤΑΣΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ/ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΥ»	157
ΕΙΚΟΝΑ 20. ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΕΠΙΘΥΜΗΤΟΥ ΠΙΝΑΚΑ ΒΑΘΜΟΛΟΓΗΣΗΣ- «ΜΟΡΙΟΔΟΤΗΣΗ ΔΕΞΙΟΤΗΤΩΝ».....	158
ΕΙΚΟΝΑ 21. ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΟΝΤΟΤΗΤΑΣ «ΘΕΣΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ».....	159
ΕΙΚΟΝΑ 22. ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΟΝΤΟΤΗΤΑΣ «ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΥ».....	160
ΕΙΚΟΝΑ 23. ΤΑΞΙΝΟΜΗΜΕΝΗ ΛΙΣΤΑ ΠΡΟΤΑΣΕΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΗΤΑ.....	160

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ 1. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΩΝ ΤΡΙΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΟΜΟΙΟΤΗΤΑΣ: ΟΜΟΙΟΤΗΤΑ ΣΥΝΗΜΙΤΟΝΟΥ, ΕΥΚΛΕΙΔΕΙΑ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΜΕΤΡΗΣΗ JACCARD.....	56
ΠΙΝΑΚΑΣ 2. ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΩΝ ΔΕΞΙΟΤΗΤΩΝ.....	92
ΠΙΝΑΚΑΣ 3. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΒΑΘΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΥΠΟΨΗΦΙΟΥ	94
ΠΙΝΑΚΑΣ 4. ΠΟΣΟΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΘΕΣΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΚΡΙΒΟΥΣ ΤΙΜΗΣ.....	95
ΠΙΝΑΚΑΣ 5. ΠΟΣΟΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΘΕΣΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΜΕ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΥΣ	96
ΠΙΝΑΚΑΣ 6. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΧΕΣΗΣ «1-1» ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΥ ΑΚΡΙΒΟΥΣ ΤΙΜΗΣ.	101
ΠΙΝΑΚΑΣ 7. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΧΕΣΗΣ «1-1» ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΥ ΜΕ ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΩΝ ΓΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑ Νο1	102
ΠΙΝΑΚΑΣ 8. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΧΕΣΗΣ «1-1» ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΩΝ ΓΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑ Νο2	102
ΠΙΝΑΚΑΣ 9. ΠΟΣΟΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΕΞΙΟΤΗΤΩΝ ΥΠΟΨΗΦΙΟΥ ΣΧΕΣΗΣ «1-N».....	105
ΠΙΝΑΚΑΣ 10. ΠΟΣΟΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ 5 ΕΠΙΚΡΑΤΕΣΤΕΡΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΣΧΕΣΗΣ «1-N» ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΑΚΡΙΒΟΥΣ ΤΙΜΗΣ.....	106
ΠΙΝΑΚΑΣ 11. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΧΕΣΗΣ «1-N» ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΑΚΡΙΒΟΥΣ ΤΙΜΗΣ	106
ΠΙΝΑΚΑΣ 12. ΠΟΣΟΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ 5 ΕΠΙΚΡΑΤΕΣΤΕΡΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΜΕ ΤΗΝ ΕΝΔΕΙΞΗ ΤΟΥ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΥ.....	107
ΠΙΝΑΚΑΣ 13. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΧΕΣΗΣ «1-N» ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΩΝ.....	107
ΠΙΝΑΚΑΣ 14. ΠΟΣΟΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΠΑΙΤΗΣΕΩΝ ΘΕΣΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΧΕΣΗΣ «N- 1» ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΤΗΣ ΑΚΡΙΒΟΥΣ ΤΙΜΗΣ.....	110
ΠΙΝΑΚΑΣ 15. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΧΕΣΗΣ «N-1» ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΑΚΡΙΒΟΥΣ ΤΙΜΗΣ	110
ΠΙΝΑΚΑΣ 16. ΠΟΣΟΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ 10 ΕΠΙΚΡΑΤΕΣΤΕΡΩΝ ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΩΝ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΣΧΕΣΗΣ «N-1» ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΑΚΡΙΒΟΥΣ ΤΙΜΗΣ	111
ΠΙΝΑΚΑΣ 17. ΠΟΣΟΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΠΑΙΤΗΣΕΩΝ ΘΕΣΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΧΕΣΗΣ N-1 ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΤΗΣ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΩΝ.	112
ΠΙΝΑΚΑΣ 18. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΧΕΣΗΣ «N-1» ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΤΗΣ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΩΝ.....	112
ΠΙΝΑΚΑΣ 19. ΠΟΣΟΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ 10 ΕΠΙΚΡΑΤΕΣΤΕΡΩΝ ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΩΝ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΣΧΕΣΗΣ «N-1» ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΤΗΣ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΩΝ.....	113

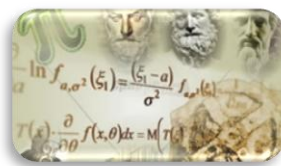
ΠΙΝΑΚΑΣ 20. ΠΟΣΟΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΠΑΙΤΗΣΕΩΝ ΘΕΣΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ Νο1 ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΣΧΕΣΗΣ «N-N» ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΤΗΣ ΑΚΡΙΒΟΥΣ ΤΙΜΗΣ	116
ΠΙΝΑΚΑΣ 21. ΠΟΣΟΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΠΑΙΤΗΣΕΩΝ ΘΕΣΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ Νο2 ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΣΧΕΣΗΣ «N-N» ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΤΗΣ ΑΚΡΙΒΟΥΣ ΤΙΜΗΣ.	116
ΠΙΝΑΚΑΣ 22. ΠΟΣΟΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΠΑΙΤΗΣΕΩΝ ΘΕΣΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ Νο3 ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΣΧΕΣΗΣ «N-N» ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΤΗΣ ΑΚΡΙΒΟΥΣ ΤΙΜΗΣ.	116
ΠΙΝΑΚΑΣ 23. ΠΟΣΟΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΠΑΙΤΗΣΕΩΝ ΘΕΣΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ Νο4 ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΣΧΕΣΗΣ «N-N» ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΤΗΣ ΑΚΡΙΒΟΥΣ ΤΙΜΗΣ	117
ΠΙΝΑΚΑΣ 24. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΧΕΣΗΣ «N-N» ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΤΗΣ ΑΚΡΙΒΟΥ ΤΙΜΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΡΓΑΣΙΑ Νο1.....	117
ΠΙΝΑΚΑΣ 25. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΧΕΣΗΣ «N-N» ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΤΗΣ ΑΚΡΙΒΟΥ ΤΙΜΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΡΓΑΣΙΑ Νο2.....	117
ΠΙΝΑΚΑΣ 26. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΧΕΣΗΣ «N-N» ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΤΗΣ ΑΚΡΙΒΟΥ ΤΙΜΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΡΓΑΣΙΑ Νο3.....	118
ΠΙΝΑΚΑΣ 27. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΧΕΣΗΣ «N-N» ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΤΗΣ ΑΚΡΙΒΟΥ ΤΙΜΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΡΓΑΣΙΑ Νο4.....	118
ΠΙΝΑΚΑΣ 28. ΠΟΣΟΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΠΙΚΡΑΤΕΣΤΕΡΩΝ ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΩΝ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΣΧΕΣΗΣ «N-N» ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΤΗΣ ΑΚΡΙΒΟΥ ΤΙΜΗΣ	118
ΠΙΝΑΚΑΣ 29. ΤΕΛΙΚΗ ΑΝΑΘΕΣΗ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΣΧΕΣΗΣ «N-N» ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΤΗΣ ΑΚΡΙΒΟΥ ΤΙΜΗΣ	119
ΠΙΝΑΚΑΣ 30. ΠΟΣΟΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΠΑΙΤΗΣΕΩΝ ΘΕΣΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ Νο1 ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΣΧΕΣΗΣ «N-N» ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΤΗΣ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΩΝ.....	120
ΠΙΝΑΚΑΣ 31. ΠΟΣΟΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΠΑΙΤΗΣΕΩΝ ΘΕΣΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ Νο2 ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΣΧΕΣΗΣ «N-N» ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΤΗΣ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΩΝ.....	120
ΠΙΝΑΚΑΣ 32. ΠΟΣΟΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΠΑΙΤΗΣΕΩΝ ΘΕΣΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ Νο3 ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΣΧΕΣΗΣ «N-N» ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΤΗΣ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΩΝ.....	120
ΠΙΝΑΚΑΣ 33. ΠΟΣΟΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΠΑΙΤΗΣΕΩΝ ΘΕΣΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ Νο4 ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΣΧΕΣΗΣ «N-N» ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΤΗΣ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΩΝ.....	121
ΠΙΝΑΚΑΣ 34. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΧΕΣΗΣ «N-N» ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΤΗΣ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΡΓΑΣΙΑ Νο1	121
ΠΙΝΑΚΑΣ 35. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΧΕΣΗΣ «N-N» ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΤΗΣ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΡΓΑΣΙΑ Νο2	121
ΠΙΝΑΚΑΣ 36. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΧΕΣΗΣ «N-N» ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΤΗΣ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΡΓΑΣΙΑ Νο3	122

ΠΙΝΑΚΑΣ 37. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΧΕΣΗΣ «N-N» ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΤΗΣ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΡΓΑΣΙΑ Νο4	122
ΠΙΝΑΚΑΣ 38. ΠΟΣΟΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΠΙΚΡΑΤΕΣΤΕΡΩΝ ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΩΝ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΣΧΕΣΗΣ «N-N» ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΤΗΣ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΩΝ.....	122
ΠΙΝΑΚΑΣ 39. ΤΕΛΙΚΗ ΑΝΑΘΕΣΗ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΣΧΕΣΗΣ «N-N» ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΩΝ.....	123
ΠΙΝΑΚΑΣ 40. ΑΡΧΕΙΑ ΚΑΙ ΓΛΩΣΣΕΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ ΤΩΝ ΣΥΣΤΑΤΙΚΩΝ ΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ	163



ΜΕΡΟΣ «Α»
«ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ»





«Ἄνευ αἰτίου οὐδὲν ἐστὶν»

Ἀριστοτέλης

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

«Πληροφοριακή Υπερπληθώρα» Μια Σύγχρονη Πραγματικότητα

Στην εποχή μας, η οποία εύστοχα έχει χαρακτηριστεί ως *Εποχή της Πληροφορίας*¹, γινόμαστε καθημερινά αποδέκτες ενός τεραστίου όγκου πληροφοριών, που προέρχονται από πολλές και διαφορετικές πηγές (**Castells, 2010· 2015**). Η έκθεση στις μεταδιδόμενες πληροφορίες, άλλοτε είναι εκούσια, δηλαδή την επιδιώκει ο χρήστης ως σκόπιμη και χρηστική. Άλλοτε όμως είναι ακούσια και πραγματοποιείται κατά την διάρκεια καθημερινών δραστηριοτήτων, χωρίς δυνατότητα ελέγχου της πηγής μετάδοσης ή ακόμη και της ίδιας της πληροφορίας. Γεγονός είναι ότι με οποιοδήποτε τρόπο κι αν γίνεται η λήψη, – εκούσια ή ακούσια– η ποσότητα της μεταδιδόμενης πληροφορίας παραμένει εξαιρετικά υψηλή με αυξητικές τάσεις γεωμετρικής προόδου (**Humbert, 2007· Hilbert, 2015**). Συντελεστές αυτής της πρωτόγνωρης κατάστασης είναι η τεχνολογική πρόοδος, σε όλους τους τομείς των μέσων παραγωγής και μετάδοσης της πληροφορίας. Εξέχουσα θέση κατέχει το διαδίκτυο, που έχει

¹ Ο όρος *Εποχή της Πληροφορίας* στην αγγλική αποδίδεται ως *Information Age*. Επίσης ο ίδιος όρος είναι γνωστός και ως *Εποχή των Υπολογιστών* (*Computer Age*) ή *Ψηφιακή Εποχή* (*Digital Age*) (**Castells, 1996**).

εισχωρήσει σε όλες τις εκφάνσεις της επαγγελματικής και προσωπικής μας ζωής, κατά τρόπο δυναμικό και συνάμα εξουσιαστικό (**Poushter, 2016**).

Ο κίνδυνος εμφάνισης του φαινομένου της *Πληροφοριακής Υπερπληθώρας*² είναι πλέον πραγματικός και απειλεί ολοένα και περισσότερο την ποιότητα της καθημερινής μας ζωής. Ο κατακλυσμός πληροφοριών που δεχόμαστε, δύναται να μετατρέψει απλές καθημερινές εργασίες αναζήτησης σε πραγματικό πονοκέφαλο (**Levitin, 2014**). Η εύρεση χρήσιμων *αντικειμένων*³, όπως εφημερίδες, ιστοσελίδες, ταινίες, βιβλία ή ακόμη και η αναζήτηση εργασίας, έχει γίνει ιδιαίτερα δύσκολη, με πενιχρά αποτελέσματα πολλές φορές. Η *Πληροφοριακή Υπερπληθώρα* στοχοποιείται για τις «φτωχές» επιλογές που κάνουμε, έχοντας κάθε φορά ως χρήστες διαφορετικό ρόλο. Έτσι λοιπόν, ως αναγνώστες, αδυνατούμε να βρούμε το βιβλίο του ενδιαφέροντος μας ή ως εργοδότες αποτυγχάνουμε να προσλάβουμε τον κατάλληλο εργαζόμενο, για να καλύψει μια θέση εργασίας.

Ο Schwartz υποστηρίζει, ότι το να έχει κάποιος επιλογές είναι μια από τις σπουδαιότερες δυνατότητες, που μας παρέχει η σύγχρονη κοινωνία μας. Χωρίς όμως οποιασδήποτε μορφής ελέγχου ή φιλτραρίσματος, ο καθημερινός χρήστης κατακλύζεται ολοένα και περισσότερο από πληροφορίες, ενώ παράλληλα αυξάνεται το σύνολο των διαθέσιμων επιλογών του. Παρά την ελευθερία χρήσης όλων των διαθέσιμων επιλογών, η κατάσταση της υπερπληθώρας πληροφοριών, μπορεί να προκαλέσει ψυχική φόρτιση, η οποία τελικά, τείνει να οδηγήσει τον χρήστη σε ένα είδος ψυχολογικής καταπίεσης (**Schwartz, 2015**).

Προκειμένου να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα της *Πληροφοριακής Υπερπληθώρας*, που αναφέρθηκε παραπάνω, πολλοί ερευνητές έχουν στρέψει το βλέμμα τους στην επιστήμη της Πληροφορικής και συγκεκριμένα στον τομέα του *Φιλτραρίσματος Πληροφοριών*⁴, έναν τομέα που αφορά αποκλειστικά το

² Ο όρος *Πληροφοριακή Υπερπληθώρα*, για πρώτη φορά χρησιμοποιήθηκε το 1964 από τον Bertram Gross στο βιβλίο του *The Managing of Organizations* (**Gross, 1964**). Όμως, ιδιαίτερα δημοφιλής έγινε το 1970 από το bestseller του Alvin Toffler, *Future Shock* (**Toffler, 1970**). Στην αγγλική αποδίδεται ως *Information Overload*.

³ Στην αγγλική ο όρος *αντικείμενο* αποδίδεται ως *item*. Επίσης, στην αγγλική, συναντάται και ως *object, record, point, sample, observation* ή *instance*. Σε όλες τις περιπτώσεις υποδηλώνεται το ίδιο περιεχόμενο, εκείνο του αντικειμένου.

⁴ Αγγλ. *Information Filtering*.

λογισμικό (software) (Hanani, 2001· Lai et al., 2017). Παράλληλα, οι ερευνητές προσπαθούν να αξιοποιήσουν και την τεχνολογική πρόοδο στον τομέα του υλικού των υπολογιστών (hardware) (Kato & Kori, 2013· Ignatin, 2016). Σταδιακά, οι ανωτέρω προσπάθειες οδήγησαν στην δημιουργία ενός νέου επιστημονικού τομέα, που στόχευε να βοηθήσει *προσωπικά* τον χρήστη να κάνει καλύτερες επιλογές, παρά να φιλτράρει πληροφορίες κατά τρόπο γενικό.

Το 1997, σε μία δημοσίευση του Resnick and Varian, έκανε την εμφάνιση του ο όρος *Συστήματα Σύστασης*⁵ (Resnick and Varian 1997). Από τότε καθιερώθηκε, χαράσσοντας μια νέα ερευνητική πορεία, που φιλοδοξεί να αντιμετωπίσει το πρόβλημα της *Πληροφοριακής Υπερπληθώρας*. Με μια δυναμική που πηγάζει από υπάρχουσες υλοποιήσεις ώριμων επιστημονικών πεδίων, εκείνων της Μηχανικής Μάθησης, της Τεχνητής Νοημοσύνης, της Εξόρυξης Δεδομένων και της Αλληλεπίδραση Ανθρώπου-Υπολογιστή, σε συνδυασμό με καινοτόμες και πρωτότυπες τεχνικές, τα Συστήματα Σύστασης οριοθετούν τον δικό τους επιστημονικό χώρο (Ricci et al., 2015).

Στα πλαίσια μιας ιδιαίτερα δυναμική παρουσίας, τα *Συστήματα Σύστασης* ενσωματώνονται σε ένα μεγάλο αριθμό εφαρμογών, που στόχο έχουν να υποστηρίξουν τους χρήστες στην διαδικασία της λήψης απόφασης (Zhang Z. et al., 2013· Zhang F. et al., 2016· Smith & Linden, 2017). Συγκεκριμένα η συνεισφορά τους στην λήψη απόφασης συνίσταται στον περιορισμό των επιλογών. Διαχωρίζουν ή/και εξαιρούν εκείνες τις επιλογές, που εμφανώς θα απέρριπτε ο χρήστης, λόγω μη συνάφειας με τα ενδιαφέροντα του, βάσει του προφίλ και των προτιμήσεων του. Τελικά λιγότερες σχετικές (ή χρηστικές) επιλογές, μπορούν σε πραγματικό χρόνο να αξιολογηθούν καλύτερα και να επιλεγεί μία από αυτές (Ricci et al., 2015).

Σε αυτή την κατηγορία ανήκει και ο τομέας της *αναζήτησης εργασίας-εργαζομένου*. Οι ιδιαιτερότητες και τα εν γένει χαρακτηριστικά του θα μας απασχολήσουν στην παρούσα διατριβή. Το υπό μελέτη θέμα της *αναζήτησης εργασίας-εργαζομένου* θα περιγραφεί στην επόμενη παράγραφο και θα παρουσιαστεί με την μορφή του προς επίλυση προβλήματος.

⁵ Αγγλ. *Recommender System* ή *Recommendation System*.

Το Πρόβλημα Αναζήτησης Εργασίας-Εργαζομένου

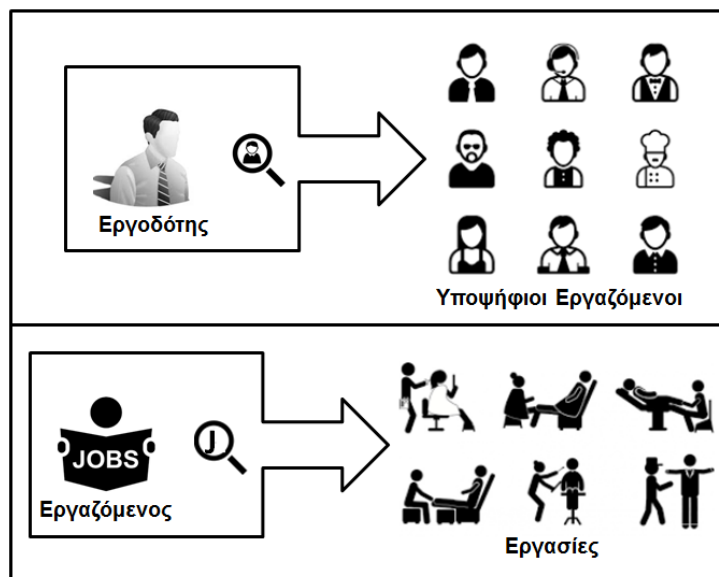
Η πλειοψηφία των σύγχρονων εταιρειών χρησιμοποιεί ένα σύνολο πόρων⁶ για να επιτύχει τους αντικειμενικούς της σκοπούς. Αν και οι στόχοι των εταιριών διαφέρουν, όλοι εκμεταλλεύονται έναν κοινό πόρο για να εκπληρώσουν τους σκοπούς τους, εκείνον του *ανθρώπινου δυναμικού*. Αντίθετα με τους άλλους τύπους πόρων, το *ανθρώπινο δυναμικό* συνιστά ξεχωριστή πρόκληση. Η χριστή διαχείριση του συνδράμει καταλυτικά στην ανοδική πορεία ενός οργανισμού, καθόσον επηρεάζει δραστικά την βέλτιστη αξιοποίηση και των υπολοίπων πόρων (**Armstrong & Taylor, 2014**).

Σύμφωνα με τα παραπάνω, γεννάται η ανάγκη αναζήτησης εργαζομένων που θα πληρούν τις απαιτήσεις του εργοδότη. Παράλληλα, κάθε υποψήφιος εργαζόμενος, ως κάτοχος δεξιοτήτων, δύναται να αναζητά μια θέση εργασίας, που να ανταποκρίνεται στα επαγγελματικά του προσόντα. Εύκολα διαπιστώνουμε ότι η προσέγγιση του προβλήματος *αναζήτησης εργασίας-εργαζομένου* είναι αμφίδρομη. Οι δυο διακριτές διαδρομές που σκιαγραφούνται, είναι αυτή που ξεκινά από τον εργοδότη και τελειώνει στην επιλογή του κατάλληλου εργαζομένου και εκείνη που ξεκινά από τον εργαζόμενο και τελειώνει στην επιλογή της κατάλληλης εργασίας (**Εικόνα 1**). Όσο μεγαλύτερο είναι το πλήθος των υποψηφίων εργαζομένων και αντίστοιχα των θέσεων εργασίας, τόσο δυσκολότερη γίνεται η διαδικασία της επιλογής έκαστης πλευράς. Παρατηρούμε λοιπόν ότι η *Πληροφοριακή Υπερπληθώρα* είναι κι εδώ υπαρκτή, ωθώντας τους ερευνητές στην αναζήτηση λύσης.

Τα Συστήματα Σύστασης που αναπτύχθηκαν για να διαχειριστούν το ανωτέρω πρόβλημα, ονομάστηκαν *Συστήματα Σύστασης Εργασίας*⁷ και έχουν προσελκύσει το ενδιαφέρον τόσο των εταιρειών όσο και των ερευνητών,

⁶ Σύμφωνα με τους Armstrong and Taylor οι εταιρικοί πόροι μπορούν να κατηγοριοποιηθούν: σε *υλικούς πόρους*, όπως εξοπλισμός, μεταφορικά μέσα, κτίρια, σε *ανθρώπινους πόρους*, όπως οι εργαζόμενοι στην επιχείρηση και οι συνεργάτες, σε *συστήματα*, όπως διαχείριση λειτουργιών και ποιότητας και τέλος σε *άυλους πόρους*, όπως η φήμη και οι σχέσεις με πελάτες (**Armstrong and Taylor, 2014**).

⁷ Ο όρος *Σύστημα Σύστασης Εργασίας* στην αγγλική αποδίδεται ως *Job Recommender System* ή *Job Recommendation System*



Εικόνα 1. Το πρόβλημα αναζήτησης εργασίας-εργαζομένου: Οι δυο διακριτές διαδρομές που σκιαγραφούνται, είναι αυτή που ξεκινά από τον εργοδότη και τελειώνει στην επιλογή του κατάλληλου εργαζομένου και εκείνη που ξεκινά από τον εργαζόμενο και τελειώνει στην επιλογή της κατάλληλης εργασίας.

ιδιαίτερως τις δυο τελευταίες δεκαετίες (Diaby et al., 2013· Deng et al., 2018). Συγκεκριμένα τα *Συστήματα Σύστασης Εργασίας* έχουν διττό σκοπό:

α) να δημιουργήσουν μια λίστα προτεινόμενων υποψηφίων, ώστε ο εργοδότης να κάνει την επιλογή του,

β) να δημιουργήσουν μία λίστα προτεινόμενων εργασιών, ώστε ο εργαζόμενος να κάνει την δική του επιλογή.

Οι δύο διαδικασίες, που απορρέουν από τον ανωτέρω σκοπό, κάνουν χρήση πληροφοριών, που τις αντλούν από την περιγραφή της *θέσης εργασίας*, δηλαδή τις απαιτήσεις του εργοδότη και το βιογραφικό του εργαζομένου, δηλαδή τις δεξιότητες του, λαμβάνοντας παράλληλα υπόψη τις προτιμήσεις του εργαζομένου.

Επίσης, τα υπάρχοντα *Συστήματα Σύστασης Εργασίας* βασίζονται στην εύρεση *ομοιοτήτων* μεταξύ μιας θέσης εργασίας και ενός υποψηφίου, προκειμένου να κάνουν προτάσεις (Aggarwal, 2016· Al-Otaibi et al., 2017). Αυτή η προσέγγιση πολλές φορές δεν είναι αποτελεσματική, διότι η έννοια της

ομοιότητας δεν περικλείει πάντα και την έννοια της *καταλληλότητας*, που είναι ουσιαστικά το επιθυμητό τελικό προϊόν ενός *Συστήματος Σύστασης Εργασίας* και που αποτυπώνεται στην παραγόμενη λίστα προτάσεων.

Εν κατακλείδι, τα υπάρχοντα *Συστήματα Σύστασης Εργασίας* που καλούνται να αντιμετωπίσουν το πρόβλημα *αναζήτησης εργασίας-εργαζομένου*, δεν προσανατολίζονται στον υπολογισμό της *καταλληλότητας* του εργαζομένου για μια θέση εργασίας, αλλά την εύρεση *ομοιοτήτων*. Το γεγονός αυτό καθιστά τις προτάσεις τους, αρκετές φορές μη ικανοποιητικές έως και μη ρεαλιστικές.

Στόχοι και Δομή Διατριβής

Το πρόβλημα *αναζήτησης εργασίας-εργαζομένου*, όπως περιγράφηκε στην προηγούμενη παράγραφο, καθορίζει τους στόχους και την δομή της παρούσης διατριβής. Συγκεκριμένα οι στόχοι διακρίνονται όπως παρακάτω:

α) Αρχικός στόχος

Η μαθηματική διατύπωση του προβλήματος *αναζήτησης εργασίας-εργαζομένου*, προκειμένου να οριοθετηθεί το πλαίσιο της ερευνητικής εργασίας.

β) Ενδιάμεσος στόχος

Η δημιουργία, σε υψηλό επίπεδο, της αρχιτεκτονικής σχεδίασης ενός *Συστήματος Σύστασης Εργασίας*, που αποτελεί τον προτεινόμενο οδηγό ανάπτυξης πληροφοριακών εφαρμογών στο τομέα της *αναζήτησης εργασίας-εργαζομένου*.

γ) Τελικός στόχος

Η δημιουργία ενός αλγορίθμου, που ενσωματώνει την περιγραφή της θέσης εργασίας και το βιογραφικό του εργαζόμενου, λαμβάνοντας υπόψη τις απαιτήσεις του εργοδότη και τις προτιμήσεις του εργαζόμενου ώστε να υπολογίζει την καταλληλότητα του εργαζομένου για μια θέση εργασίας, με τελικό σκοπό να παράγει προτάσεις στους ενδιαφερόμενους.

Αντίστοιχα για την πλήρη και αναλυτική παρουσίαση των στόχων, η διατριβή δομείται σε τρία *μέρη*, με κάθε *μέρος* να διαθέτει αριθμό κεφαλαίων, όπως παρακάτω:

Μέρος «Α»

Αρχικά παρουσιάζεται στην Εισαγωγή το προ επίλυση πρόβλημα και οι στόχοι, ενώ στο 1ο Κεφάλαιο περιγράφονται γενικά τα *Συστήματα Σύστασης*.

Μέρος «Β»

Αποτελείται από τέσσερα κεφάλαια, που σταδιακά παρουσιάζουν τους στόχους της έρευνας. Το Μέρος «Β» ξεκινά με το 2ο Κεφάλαιο, όπου γίνεται βιβλιογραφική ανασκόπηση των *Συστημάτων Σύστασης Εργασίας*, στο 3ο Κεφάλαιο διατυπώνεται μαθηματικά το πρόβλημα *αναζήτησης εργασίας-εργαζομένου*, στο 4ο Κεφάλαιο παρουσιάζεται η αρχιτεκτονική σχεδίαση σε υψηλό επίπεδο ενός *Συστήματος Σύστασης Εργασίας* και στο 5ο Κεφάλαιο αναπτύσσεται ο προτεινόμενος αλγόριθμος.

Μέρος «Γ»

Αποτελείται από τρία κεφάλαια και αφορά την πειραματική αξιολόγηση της έρευνας. Στο 6ο Κεφάλαιο παρουσιάζεται η πειραματική μεθοδολογία, η μοντελοποίηση και η προσαρμογή των δεδομένων, στο 7ο Κεφάλαιο εκτελείται συγκριτική πειραματική αξιολόγηση και στο 8ο Κεφάλαιο καταγράφονται τα συμπεράσματα και γίνονται προτάσεις για μελλοντική έρευνα.

Η διατριβή ολοκληρώνεται με την υλοποίηση ενός *Πληροφοριακού Συστήματος Σύστασης Εργασίας*, βασισμένο στην προτεινόμενη αρχιτεκτονική και στον προτεινόμενο αλγόριθμο εύρεσης καταλληλότητας. Το *Πληροφοριακό Σύστημα Σύστασης Εργασίας* παρουσιάζεται σε τρία παραρτήματα:

Παράρτημα «Α»

Παρουσιάζονται οι οδηγίες εγκατάστασης των εργαλείων λογισμικού που απαιτούνται.

Παράρτημα «Β»

Δίνονται οι οδηγίες χρήσεις του συστήματος.

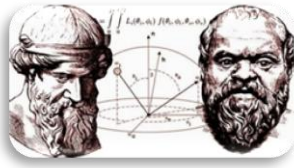
Παράρτημα «Γ»

Παρουσιάζεται ο λειτουργικός κώδικας.

Για την εύκολη αναζήτηση και παρακολούθηση των σχημάτων και των πινάκων της διατριβής, έχουν καταρτισθεί δύο κατάλογοι, ένας για κάθε περίπτωση και έχουν τοποθετηθεί αμέσως μετά τα περιεχόμενα.

Ολοκληρώνοντας την εισαγωγή, επισημαίνεται ότι η λογική που ακολουθήθηκε στην συγγραφή της παρούσης διατριβής έχει ως στόχο την σταδιακή εμβάθυνση στον επιστημονικό τομέα των *Συστημάτων Σύστασης* και τελικά στη παρουσίαση της νέας καινοτομίας. Η προσέγγιση αυτή καθιστά το παρόν πόνημα εύληπτο, σχεδόν καθ' ολοκληρία και από άλλους επιστημονικούς τομείς μη συναφούς περιεχομένου. Η δυνατότητα αυτή ανοίγει το παρόν πεδίο για σύζευξη με άλλους επιστημονικούς τομείς και εκτός Πληροφορικής.





«Τὰ πάντα ρεῖ»

Ηράκλειτος

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Εποχή της Πληροφορίας και Συστήματα Σύστασης

1.1 Συστήματα Σύστασης – Η Απάντηση στην «Πληροφοριακή Υπερπληθώρα»

Η ιδέα για την ανάπτυξη των *Συστημάτων Σύστασης*, γεννήθηκε από μια απλή παρατήρηση. Τα άτομα συχνά βασίζονται στις προτάσεις των άλλων για να λάβουν απλές, καθημερινές αποφάσεις. Είναι συνηθισμένο ένα άτομο να βασίζεται στο τι του προτείνει κάποιος άλλος, με παρόμοιες προτιμήσεις με τις δικές του, για να επιλέξει π.χ. ένα βιβλίο. Επίσης, οι εργοδότες λαμβάνουν σοβαρά υπόψη τους συστατικές επιστολές τρίτων, για να επιλέξουν τους υποψήφιους εργαζόμενους που θα προσλάβουν. Επιπλέον, τα άτομα έχουν την τάση να επηρεάζονται από τις κριτικές, που έχουν γραφτεί στις εφημερίδες, ώστε να επιλέξουν π.χ. ποια ταινία θα παρακολουθήσουν (Beel et al., 2016).

Προσπαθώντας να μιμηθούν την συμπεριφορά αυτή, τα πρώτα *Συστήματα Σύστασης* εφάρμοζαν αλγόριθμους με σκοπό την παροχή

προτάσεων, που παράγονται από μια ομάδα χρηστών, για να τις προσφέρουν σε κάποιον άλλο χρήστη που αναζητά συμβουλές. Οι προτάσεις αφορούσαν αντικείμενα τα οποία άρεσαν σε παρόμοιους χρήστες, δηλαδή σε χρήστες με περίπου ίδιες προτιμήσεις. Η συγκεκριμένη προσέγγιση ορίζεται πλέον ως *Συνεργατικό Φιλτράρισμα*⁸ και βασίζεται στην ιδέα ότι, εάν ένας χρήστης είχε στο παρελθόν ίδιες ή παρόμοιες προτιμήσεις με άλλους χρήστες, άνηκε δηλαδή στην ίδια ομάδα με κοινά ενδιαφέροντα, τότε είναι πολύ πιθανό οι νέες προτάσεις που προέρχονται από την ίδια ομάδα χρηστών, να ενδιαφέρουν και τον αρχικό χρήστη σε μελλοντικές αναζητήσεις (**Berkovsky et al., 2007**).

Καθώς οι ιστοσελίδες ηλεκτρονικού εμπορίου άρχισαν να αναπτύσσονται, κατέστη επιτακτική η ανάγκη παροχής προτάσεων που θα προέκυπταν από το φιλτράρισμα όλων των διαθέσιμων εναλλακτικών επιλογών. Διαπιστώθηκε ότι, οι χρήστες δυσκολεύονταν να καταλήξουν στις καταλληλότερες επιλογές, καθώς είχαν να επιλέξουν ανάμεσα σε μια τεράστια ποικιλία αντικειμένων (προϊόντων ή/και υπηρεσιών), τα οποία προσφέρονταν από τις εν λόγω ιστοσελίδες (**Omondi & Mbugua, 2017**).

Αυτή η εκρηκτική αύξηση και η ποικιλομορφία των διαθέσιμων πληροφοριών στο διαδίκτυο, καθώς και η ταχύτατη εμφάνιση νέων ηλεκτρονικών υπηρεσιών, όπως: η αγορά προϊόντων, η σύγκριση προϊόντων και οι δημοπρασίες, συχνά κατέκλυζε τους χρήστες, οδηγώντας τους στην λήψη λανθασμένων αποφάσεων. Η διαθεσιμότητα πολλών επιλογών, αντί να αποτελεί πλεονέκτημα, σταδιακά χειροτέρευε την εμπειρία τους. Έγινε αντιληπτό ότι, ενώ η ύπαρξη διαφορετικών επιλογών είναι επιθυμητή, η συνεχής αύξηση του πλήθους των επιλογών δεν παράγει πάντα θετικά αποτελέσματα. Πράγματι, το αίσθημα ελευθερίας και αυτονομίας, που έχει κάθε χρήστης, μπορεί να καταστεί υπερβολικό, δημιουργώντας τελικά την αίσθηση ότι η ελευθερία καταλήγει να θεωρείται ένα είδος τυραννίας, που δύναται να προκαλέσει την δυσαρέσκεια, στον «φορτωμένο» με πολλές επιλογές, καταναλωτή (**Schwartz, 2015**).

⁸ Στην αγγλική αποδίδεται ως *Collaborative Filtering* και αποτελεί ένα από τα βασικά είδη τεχνικών των *Συστημάτων Σύστασης*.

Τα τελευταία χρόνια τα *Συστήματα Σύστασης* έχουν αποδείξει ότι αποτελούν ένα πολύτιμο μέσο για την αντιμετώπιση του προβλήματος της *Πληροφοριακής Υπερφόρτωσης*. Τα Συστήματα αυτά διαχειρίζονται το εν λόγω φαινόμενο καθοδηγώντας τον χρήστη στην λήψη αποφάσεων, περιορίζοντας τις επιλογές του. Συγκεκριμένα διαχωρίζουν εκείνες τις επιλογές, που εμφανώς θα απέρριπτε ο χρήστης, λόγω μη συνάφειας με τα ενδιαφέροντα του, βάσει του προφίλ και των προτιμήσεων του. Τελικά λιγότερες σχετικές (ή χρηστικές) επιλογές, μπορούν σε πραγματικό χρόνο να αξιολογηθούν καλύτερα και να επιλεγεί μία από αυτές.

Αναλυτικότερα, έπειτα από αίτημα του χρήστη, το οποίο διατυπώνεται με διάφορους τρόπους ανάλογα με την προσέγγιση που ακολουθεί το κάθε σύστημα, παράγονται προτάσεις. Για τις προτάσεις λαμβάνονται υπόψη τα χαρακτηριστικά του αντικειμένου και οι ανάγκες του χρήστη. Επίσης, αντλούνται πληροφορίες για την παραγωγή προτάσεων από στοιχεία των *χρηστών*, των διαθέσιμων *αντικείμενων*, καθώς και από προηγούμενες *συναλλαγές*, που είναι αποθηκευμένες σε προσαρμοσμένες βάσεις δεδομένων. Σημειώνεται ότι, οι *Χρήστες*, τα *Αντικείμενα* και οι *Συναλλαγές* είναι τα τρία δομικά στοιχεία που συνθέτουν τα *Συστήματα Σύστασης* και στα οποία θα γίνει λεπτομερής αναφορά στην παράγραφο 1.4. Επίσης τονίζεται ότι μέσω των ανωτέρω διαδικασιών ο χρήστης δύναται να οδηγηθεί προς νέα ανεξερεύνητα αντικείμενα, για τα οποία υπάρχει μεγάλη πιθανότητα να σχετίζονται με την τρέχουσα επιθυμία του. **(Carenini et al., 2003).**

Ολοκληρώνοντας, οι χρήστες έχουν την δυνατότητα περιήγησης μεταξύ των διαθέσιμων εξατομικευμένων προτάσεων που έχουν παραχθεί. Δύνανται είτε να τις δεχθούν, είτε να τις απορρίψουν και εν συνεχεία να παρέξουν άμεση ή έμμεση ανάδραση, εκείνη την στιγμή ή σε μεταγενέστερο στάδιο της διαδικασίας. Το σύνολο των ενεργειών και της ανάδρασης, που παρέχονται από τον χρήστη, αποθηκεύονται σε κατάλληλη βάση δεδομένων του συστήματος και αξιοποιούνται μελλοντικά, στην επόμενη αλληλεπίδραση του χρήστη με το σύστημα, με σκοπό την παραγωγή νέων συστάσεων, πιο στοχευμένων και επομένως πιο χρηστικών **(George & Merugu, 2005).**

1.2 Γενικά Χαρακτηριστικά των Συστημάτων Σύστασης

Τα *Συστήματα Σύστασης* αποτελούν εργαλεία λογισμικού που εφαρμόζουν ειδικές τεχνικές και αλγορίθμους, με σκοπό την παροχή εξατομικευμένων προτάσεων στους χρήστες, σχετικά με αντικείμενα που επιθυμούν να επιλέξουν για χρήση (**Felfernig et al., 2007**). Οι προτάσεις αυτές, σχετίζονται με πολλές και διαφορετικές περιπτώσεις λήψης αποφάσεων, από απλές επιλογές της καθημερινότητας, όπως για παράδειγμα η επιλογή προϊόντων προς αγορά, η ενοικίαση ταινιών, η ακρόαση μουσικών κομματιών ή η ανάγνωση ειδήσεων στο διαδίκτυο, μέχρι και σύνθετες επιλογές που επηρεάζουν δραστικά την ζωή του ατόμου, όπως η αναζήτηση εργασίας (**Greiner, 2004· Kara et al., 2017· Laumer et al., 2018**).

Για τον προσδιορισμό των επιλογών, τα εν λόγω συστήματα χρησιμοποιούν τον όρο *αντικείμενο*⁹. Ο όρος αυτός είναι ο ένας γενικός προσδιορισμός, που χρησιμοποιείται για να περιγράψει το είδος της πρότασης που παρέχεται από τα συστήματα προς τους χρήστες. Επίσης, συνηθίζεται η παρεχόμενη λίστα των προτάσεων να αποκαλείται και ως λίστα των προς επιλογή *αντικειμένων*. Επομένως, ο όρος *αντικείμενο* καθρεφτίζει την πρόταση ή την σύσταση και αποτελεί, όπως έχει ήδη αναφερθεί στην προηγούμενη παράγραφο, ένα από τα τρία βασικά δομικά συστατικά των υπό μελέτη συστημάτων (**Lam, 2016· Lian et al., 2017**).

Επίσης, κάθε *Συστήματα Σύστασης* εστιάζει σε ένα συγκεκριμένο είδος αντικειμένου, π.χ. σε οπτικούς δίσκους (CDs) που περιέχουν μουσικά κομμάτια, άρθρα σε ιστοσελίδες στο διαδίκτυο, ταινίες, εφημερίδες, βιβλία, πακέτα διακοπών κ.α.. Ως εκ τούτου η σχεδίαση τους, το γραφικό περιβάλλον διεπαφής τους με τον χρήστη και η κύρια τεχνική που χρησιμοποιείται για την παραγωγή προτάσεων, είναι προσαρμοσμένες με τέτοιο τρόπο, ώστε να παρέχουν χρήσιμες και αποδοτικές προτάσεις για την αντίστοιχη κατηγορία αντικειμένου (**Jannach, 2006· Liu et al., 2016**).

⁹ Στην αγγλική ο όρος *αντικείμενο* αποδίδεται ως *item*. Επίσης, στην αγγλική, συναντάται και ως *object, record, point, sample, observation* ή *instance*. Σε όλες τις περιπτώσεις υποδηλώνεται το ίδιο περιεχόμενο, εκείνο του αντικειμένου.

Ακόμη, τα *Συστήματα Σύστασης* απευθύνονται σε χρήστες, οι οποίοι στερούνται την απαιτούμενη εμπειρία ή δεξιότητα να αξιολογήσουν τον τεράστιο αριθμό διαφορετικών *αντικειμένων* που παρέχει μια ιστοσελίδα ή γενικότερα ένα σύστημα παροχής πληροφοριών. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί μια ιστοσελίδα που διαθέτει βιβλία προς πώληση και στην οποία είναι ενσωματωμένο ένα σύστημα πρότασης βιβλίων, το οποίο διευκολύνει τους χρήστες στο να επιλέξουν ποιο βιβλίο να αγοράσουν. Η δημοφιλής ιστοσελίδα *Amazon*¹⁰, που αποτελεί ένα διαδικτυακό κατάστημα, εφαρμόζει μία ειδική τεχνική προτάσεων, για την εξατομίκευση της εμπειρίας των διαδικτυακών αγορών του κάθε πελάτη ξεχωριστά. Επομένως διαφορετικοί χρήστες ή ομάδες χρηστών λαμβάνουν διαφορετικές προτάσεις ο καθένας από το σύστημα (**Linden et al., 2003· Smith & Linden, 2017**).

Επιπλέον, υπάρχουν και μη εξατομικευμένες προτάσεις, οι οποίες παράγονται πολύ ευκολότερα και συνήθως εμφανίζονται σε περιοδικά, εφημερίδες ή ιστοσελίδες. Τυπικά παραδείγματα αυτού του είδους περιλαμβάνουν τις δέκα κορυφαίες επιλογές βιβλίων, οπτικών δίσκων, ταινιών, που προκύπτουν από στατιστική ανάλυση των επιλογών των χρηστών. Παρόλο που μπορεί σε ορισμένες περιπτώσεις να είναι χρήσιμες και αποτελεσματικές, οι μη εξατομικευμένες προτάσεις δεν εξετάζονται από το ερευνητικό πεδίο των υπό μελέτη συστημάτων, καθόσον απουσιάζει το στοιχείο της *εξατομίκευσης*, το οποίο είναι βασική παράμετρος για να χαρακτηριστεί μία διαδικασία ως σύσταση (**Bobadilla et al., 2013· Tripathi et al., 2016**).

Ολοκληρώνοντας, όσον αφορά την τελική μορφή παρουσίασης, οι εξατομικευμένες προτάσεις αποτελούν ταξινομημένες λίστες *αντικειμένων*. Η ταξινόμηση πραγματοποιείται με την εφαρμογή κατάλληλων τεχνικών και αλγορίθμων. Οι λίστες περιλαμβάνουν τα καταλληλότερα προϊόντα ή υπηρεσίες, βάσει των προτιμήσεων του χρήστη, καθώς και βάσει ορισμένων περιορισμών

¹⁰ Σύμφωνα με το <https://en.wikipedia.org/wiki/Amazon> (20 Ιουλίου 2018), η Amazon είναι μια αμερικανική εταιρία ηλεκτρονικού εμπορίου με έδρα το Σιάτλ της Ουάσιγκτον, που ιδρύθηκε από τον Jeff Bezos στις 5 Ιουλίου 1994. Η Amazon χαρακτηρίζεται ως ένας τεχνολογικός γίγαντας, καθώς είναι ο μεγαλύτερος πωλητής προϊόντων του διαδικτύου στον κόσμο. Ο ιστότοπος του [amazon.com](https://www.amazon.com), ξεκίνησε ως ηλεκτρονικό βιβλιοπωλείο και αργότερα διαστηριοποιήθηκε σε πωλήσεις και άλλων προϊόντων όπως μουσικής MP3, βιντεοπαιχνίδια, ηλεκτρονικά είδη, ενδύματα, έπιπλα, φαγητά, παιχνίδια και κοσμήματα

που θέτονται, είτε από τον χρήστη, είτε υπαγορεύονται από το ίδιο το αντικείμενο. Για να ολοκληρωθεί αυτού του είδους η υπολογιστική διεργασία, τα *Συστήματα Σύστασης* συλλέγουν τις προτιμήσεις των χρηστών που εκφράζονται, είτε έμμεσα αποκωδικοποιώντας τις ενέργειες τους, είτε άμεσα ως αξιολογήσεις προϊόντων. Παράδειγμα, η περιήγηση στην ιστοσελίδα κάποιου προϊόντος μπορεί να θεωρηθεί ως μια έμμεση έκφραση προτίμησης, για τα αντικείμενα που εμφανίζονται στην συγκεκριμένη σελίδα (**Burke, 2005· Wang et al., 2015· Tran et al., 2017**).

Θέματα ασφαλείας, που αναδύονται από την έμμεση συλλογή προσωπικών δεδομένων, αποτελούν ξεχωριστό ερευνητικό πεδίο, το οποίο δεν καλύπτεται στην παρούσα έρευνα.

1.3 Ο Διπλός Ρόλος των Συστημάτων Σύστασης

Στην προηγούμενη παράγραφο προσδιορίσαμε τα *Συστήματα Σύστασης* ως εργαλεία λογισμικού αλλά και τεχνικές, που παρέχουν προτάσεις στους χρήστες, σχετικά με αντικείμενα, που επιθυμούν να επιλέξουν προς χρήση. Στην συνέχεια θα επιχειρήσουμε να αποσαφηνίσουμε αυτόν τον ορισμό, αναδεικνύοντας ένα σύνολο λειτουργιών που επιτελούν. Οι λειτουργίες αυτές σχετίζονται άμεσα με τον διπλό ρόλο των εν λόγω συστημάτων αλλά και με την οπτικής έκαστης οντότητας που τα χρησιμοποιεί. Διακρίνουμε τους δύο παρακάτω ρόλους:

- α) Του παρόχου της υπηρεσίας
- β) Του χρήστη της υπηρεσίας

Ένα παράδειγμα, μέσα από το οποίο μπορούν να διαφανούν οι δύο ανωτέρω διακριτοί ρόλοι, αποτελεί ένα ταξιδιωτικό γραφείο που χρησιμοποιεί ένα κατάλληλο *Σύστημα Σύστασης*. Παρατηρούμε ότι, από την πλευρά του παρόχου, υπάρχουν κάποια συγκεκριμένα κίνητρα, όπως η αύξηση των κρατήσεων σε ξενοδοχεία, η αύξηση του συνολικού αριθμού των τουριστών σε κάποιον προορισμό και γενικά η αύξηση του τελικού κέρδους. Από την πλευρά του χρήστη, τα βασικά κίνητρα χρήσης του συστήματος, σαφώς δεν είναι το κέρδος,

αλλά η εύρεση κατάλληλου ξενοδοχείου, σημείων ενδιαφέροντος ή τουριστικών αξιοθέατων σε κάποιον προορισμό και όλα αυτά σε συμφέρουσες τιμές. Γίνεται λοιπόν αισθητή η διαφοροποίηση του ρόλου του παρόχου από τον ρόλο του χρήστη, καθώς η κάθε οντότητα έχει τα δικά της χαρακτηριστικά που διαμορφώνουν και διαφοροποιούν τα εφαιτήρια τους (**Ricci, 2002· Zhang & Cheng, 2016**).

Εν κατακλείδι, οι λειτουργίες κάθε οπτικής είναι διαφορετικές και σκιαγραφούν τον κάθε ρόλο με τον δικό τους διακριτό τρόπο. Οι ρόλοι, του παρόχου και του χρήστη της υπηρεσίας, με τις επιμέρους λειτουργίες τους αναπτύσσονται αναλυτικά στις επόμενες παραγράφους.

1.3.1 Ο Ρόλος των Συστημάτων Σύστασης από την Οπτική του Παρόχου Υπηρεσιών

Οι πάροχοι υπηρεσιών από την πρώτη στιγμή έδειξαν ιδιαίτερο ενδιαφέρον για την νέα τεχνολογία που εισήγαγαν τα *Συστήματα Σύστασης*. Σε πολλές περιπτώσεις ήταν οι πάροχοι που ώθησαν την πρόοδο στον συγκεκριμένο επιστημονικό τομέα, προσφέροντας μεγάλα ποσά για ερευνητικό έργο. Τα αποτελέσματα ήταν εκπληκτικά, με κορωνίδα τον διαγωνισμό που διοργάνωσε το διαδικτυακό κατάστημα ενοικίασης ταινιών Netflix¹¹ (**Bennett and Lanning, 2007**).

Ο ρόλος των *Συστημάτων Σύστασης*, από την οπτική του παρόχου υπηρεσιών, με βάση τις λειτουργίες που μπορούν να επιτελεσθούν από αυτά, σύμφωνα με τους (**Ricci et al., 2015**) είναι:

α) Αύξηση των πωλήσεων

Η αύξηση των πωλήσεων αποτελεί ίσως τη σημαντικότερη λειτουργία για ένα εμπορικό κατάστημα, δηλαδή η επιχείρηση να είναι σε θέση να πουλήσει περισσότερα αντικείμενα αλλά και νέα αντικείμενα, σε βαθμό

¹¹ Το Netflix, μια διαδικτυακή υπηρεσία ενοικίασης ταινιών, διοργάνωσε έναν ανοικτό διαγωνισμό, με χρηματικό έπαθλο ενός εκατομμυρίου δολαρίων, στην ομάδα που θα κατάφερνε πρώτη, να βελτιώσει κατά 10% την απόδοση του υπάρχοντος Συστήματος Σύστασης που χρησιμοποιούσε.

αντίστοιχο με τα αντικείμενα που πωλούνται, συνήθως χωρίς καμία είδους σύσταση. Ο στόχος αυτός δύναται να επιτευχθεί μέσω κατάλληλων εφαρμογών συστάσεων, καθόσον τα προτεινόμενα αντικείμενα είναι πολύ πιθανό να ανταποκρίνονται στις ανάγκες και τις προτιμήσεις του χρήστη.

Οι μη εμπορικές εφαρμογές έχουν παρόμοιους στόχους, παρόλο που η επιλογή κάποιου αντικειμένου από τον χρήστη δεν εμπεριέχει κάποιο άμεσο κέρδος για τον πάροχο. Παράδειγμα, μια διαδικτυακή εφημερίδα στοχεύει στην αύξηση του αριθμού των αναγνωσμένων ειδήσεων στην ιστοσελίδα της, χωρίς από αυτή την χρήση να επωφελείται άμεσα. Βέβαια, έμμεσα με άλλο τρόπο, π.χ. μέσω διαφημίσεων πιθανώς να έχει κάποιο κέρδος. Γενικά και στις δύο περιπτώσεις εφαρμογών (εμπορικών και μη εμπορικών), ο χρήστης καλείται να αναγνωρίσει την αποτελεσματικότητα και ακρίβεια των προτάσεων από το αντίστοιχο σύστημα, αφού πρώτα δοκιμάσει μια σειρά από σχετικές συστάσεις.

Τελικά, μπορούμε να ισχυριστούμε ότι, από την οπτική γωνία του παρόχου της υπηρεσίας ο βασικός στόχος είναι η αύξηση του ποσοστού επιτυχίας των συστάσεων, δηλαδή του πλήθους των χρηστών που αποδέχονται την σύσταση και επιλέγουν κάποιο αντικείμενο, το οποίο χωρίς την σύσταση δεν θα επέλεγαν. Το γεγονός της αποδοχής των συστάσεων συντελεί εν κατακλείδι στην αύξηση των πωλήσεων (άμεσα ή έμμεσα), που όπως αρχικά αναφέρθηκε είναι και ο κύριος στόχος.

β) Πώληση διαφορετικών αντικειμένων

Μια ακόμη πολύ σημαντική λειτουργία των *Συστημάτων Σύστασης* είναι να ωθήσουν τον χρήστη στην επιλογή αντικειμένων, που πιθανώς δύσκολα θα εντόπιζε χωρίς κάποια συγκεκριμένη σύσταση. Παράδειγμα, στο διαδικτυακό κατάστημα Netflix¹², ο πάροχος της υπηρεσίας ενδιαφέρεται να ενοικιάσει όλες τις ταινίες που περιλαμβάνονται στον κατάλογο του, και όχι μόνο τις πιο δημοφιλείς. Αυτό θα ήταν δύσκολο χωρίς την χρησιμοποίηση ενός κατάλληλου συστήματος, αφού ο πάροχος της υπηρεσίας δεν μπορεί να υποστηρίξει οικονομικά το ρίσκο που εμπεριέχει η διαφήμιση ταινιών δεύτερης κατηγορίας. Επομένως, τα εν λόγω συστήματα προτείνουν ή διαφημίζουν μη δημοφιλή

¹² Βλ. υποσ. 10.

αντικείμενα στους κατάλληλους χρήστες, αυξάνοντας την πιθανότητα να τα επιλέξουν.

γ) Αύξηση της ικανοποίησης των χρηστών

Ένα καλά σχεδιασμένο Σύστημα Σύστασης μπορεί επιπλέον να βελτιώσει την άποψη του χρήστη για την ιστοσελίδα ή την εφαρμογή. Ο χρήστης δύναται να κρίνει τις προτάσεις ως ενδιαφέρουσες και σχετικές, μέσα σε ένα φιλικό περιβάλλον αλληλεπίδρασης ανθρώπου και μηχανής, κατάλληλα σχεδιασμένο. Ο συνδυασμός των αποτελεσματικών συστάσεων και μιας εύχρηστης διεπαφής βελτιώνει την αξιολόγηση της εφαρμογής στο υποκειμενικό βλέμμα των χρηστών, οι οποίοι τελικά αυξάνουν τη χρήση της, καθώς και την πιθανότητα αποδοχής των συστάσεων που παρέχονται.

δ) Αύξηση της αφοσίωσης των χρηστών

Το σύστημα ανταμείβει την αφοσίωση του χρήστη σε μια ιστοσελίδα ή μια εφαρμογή, οπότε όταν την επισκέπτεται αναγνωρίζει τον παλιό της πελάτη και τον αντιμετωπίζει σαν ένα αξιότιμο επισκέπτη. Αυτό αποτελεί μια συνηθισμένη λειτουργία των υπό μελέτη συστημάτων, καθώς πολλά από αυτά διαμορφώνουν συστάσεις αξιοποιώντας δεδομένα του χρήστη από προηγούμενες ενέργειες του, π.χ. από παλαιότερες αξιολογήσεις προϊόντων. Συμπερασματικά, όσο περισσότερο αλληλεπιδρά ο χρήστης με την ιστοσελίδα, τόσο εμπλουτίζεται το προφίλ του, δηλαδή η εικόνα που έχει το σύστημα για τις προτιμήσεις του, όπως επίσης τόσο περισσότερο τα αποτελέσματα του συστήματος προσαρμόζονται, ώστε να συμπίπτουν με εκείνα του χρήστη.

ε) Κατανόηση των επιθυμιών των χρηστών

Ακόμη μια σημαντική λειτουργία των Συστημάτων Σύστασης είναι η σκιαγράφηση των προτιμήσεων του χρήστη. Οι πληροφορίες συλλέγονται, είτε μέσα από την χρήση της διεπαφής (έμμεσα), είτε με απευθείας υποβολή του προφίλ του χρήστη (άμεσα). Ο πάροχος της υπηρεσίας μπορεί στην συνέχεια να αποφασίσει την επαναχρησιμοποίηση της διαθέσιμης γνώσης για την επίτευξη μιας σειράς άλλων σκοπών, όπως την βελτίωση της διαχείρισης του αποθέματος των προϊόντων ή της παραγωγής.

Για παράδειγμα, στον τουριστικό τομέα οι διάφοροι οργανισμοί έχουν την δυνατότητα να διαφημίσουν μία συγκεκριμένη περιοχή σε καινούριες κατηγορίες πελατών, να προωθήσουν κάποιο νέο προϊόν ή ακόμη και να αυξήσουν την παραγωγή σε κάποιο προϊόν που αρέσει περισσότερο. Αυτές οι ενέργειες αναδεικνύονται αναλύοντας τα δεδομένα που συλλέγονται έμμεσα ή άμεσα. Εν κατακλείδι, τα *Συστήματα Σύστασης*, από την οπτική του παρόχου υπηρεσιών στοχεύουν στην αύξηση των πωλήσεων των προϊόντων, ακόμη και σε μη δημοφιλή ή νέα προϊόντα, αξιοποιώντας την γνώση των προτιμήσεων των πελατών.

1.3.2 Ο Ρόλος των Συστημάτων Σύστασης από την Οπτική του Χρήστη

Στην προηγούμενη παράγραφο αναφέραμε κάποια σημαντικά κίνητρα των παρόχων υπηρεσιών για την χρήση των *Συστημάτων Σύστασης*. Οι χρήστες, από την άλλη πλευρά επιθυμούν την ύπαρξη ενός συστήματος ικανού να υποστηρίξει τους σκοπούς τους, οι οποίοι είναι εμφανώς διαφορετικοί. Επομένως, τα εν λόγω συστήματα θα πρέπει να εξισορροπήσουν τις ανάγκες κάθε μίας πλευράς και να προσφέρουν πολύτιμες υπηρεσίες και στους δύο.

Οι Herlocker et al. σε μια μελέτη τους (**Herlocker et al., 2004**), η οποία έχει εξελιχθεί σε σημείο αναφοράς για τον συγκεκριμένο τομέα, ορίζουν έντεκα δημοφιλείς λειτουργίες, που μπορεί ένα *Σύστημα Σύστασης* να υποστηρίξει όσον αφορά τους χρήστες. Κάποιες από αυτές ίσως να θεωρούνται βασικές λειτουργίες, που προφανώς σχετίζονται με το υπό μελέτη τομέα, όπως η παροχή προτάσεων για χρήσιμα αντικείμενα, ενώ άλλες μέθοδοι, ίσως να θεωρούνται περισσότερο καιροσκοπικές, προκειμένου κάποιος χρήστης να εκμεταλλευτεί τη λειτουργία της εφαρμογής συστάσεων. Όποιο και αν είναι το εφελτήριο, ο χρήστης δεν παύει να είναι ο κύριος χειριστής, που δύναται να επιλέξει από μόνος του την σχέση που θα έχει με την διεπαφή.

Αναλυτικά οι λειτουργίες παρουσιάζονται παρακάτω:

α) Εντοπισμός ορισμένων χρήσιμων αντικειμένων

Να προτείνει σε κάποιον χρήστη ορισμένα αντικείμενα, παρουσιάζοντας αυτά σε μια ταξινομημένη λίστα, ενώ παράλληλα να συνδυάσει προβλέψεις σχετικά με το πόσο θα άρεσε το καθένα από αυτά σε μία βαθμολογική κλίμακα π.χ. από το ένα έως το πέντε (1-5). Αυτή είναι μια βασική λειτουργία, την οποία πολλά από τα εμπορικά διαδικτυακά καταστήματα έχουν ενσωματώσει και μπορεί να χαρακτηριστεί ως ώριμη και ικανοποιητική από πλευράς απόδοσης.

β) Εντοπισμός όλων των κατάλληλων αντικειμένων

Να προτείνει όλα τα αντικείμενα που μπορούν να ικανοποιήσουν τις ανάγκες του χρήστη. Σε αυτές τις περιπτώσεις δεν είναι αρκετή η εύρεση ενός μόνο υποσυνόλου χρηστικών αντικειμένων. Ειδικά σε περιπτώσεις που το σύστημα προορίζεται για κάποιον ειδικό σκοπό, π.χ. για ιατρικές ή οικονομικές εφαρμογές. Τότε ο χρήστης πρέπει να έχει διαθέσιμες όλες τις καλές επιλογές. Επίσης, πέρα από το όφελος που προκύπτει από την προσεκτική εξέταση όλων των πιθανών προτάσεων, ο χρήστης μπορεί να έχει επιπλέον την δυνατότητα να επωφεληθεί και από την σειρά κατάταξης των αντικειμένων ή ακόμα και από επιπρόσθετες επεξηγήσεις που παράγονται.

γ) Σχολιασμός του περιεχομένου

Να δώσει έμφαση, μέσω σχολιασμού, σε ορισμένα από τα αντικείμενα μιας υπάρχουσας λίστας, βασισμένο στις μακροπρόθεσμες προτιμήσεις του χρήστη. Για παράδειγμα, σε ένα *Σύστημα Σύστασης* που αφορά τηλεοπτικά προγράμματα, μπορεί να σχολιάσει ποια από αυτά, που εμφανίζονται στον ηλεκτρονικό οδηγό, είναι αξιόλογα παρακολούθησης.

δ) Πρόταση ακολουθίας επιλογών

Αντί να επικεντρωθεί στην παραγωγή μιας μεμονωμένης πρότασης, η ιδέα είναι να προτείνει μια ακολουθία αντικειμένων η οποία είναι επιθυμητή σαν σύνολο. Χαρακτηριστικά παραδείγματα περιλαμβάνουν την σύσταση ενός βιβλίου σχετικού με *Τεχνητή Νοημοσύνη* ύστερα από την ανάγνωση ενός βιβλίου για Εξόρυξη Δεδομένων.

ε) Πρόταση δέσμης επιλογών

Να προτείνει ένα σύνολο αντικείμενων που ταιριάζουν καλά μεταξύ τους. Για παράδειγμα, ένα ταξιδιωτικό σχέδιο μπορεί να αποτελείται από διάφορα σημεία ενδιαφέροντος, προορισμούς και υπηρεσίες διαμονής, οι οποίες εντοπίζονται σε μια οριοθετημένη περιοχή. Από την οπτική γωνία του χρήστη, οι διάφορες αυτές εναλλακτικές (δέσμη επιλογών), μπορούν να θεωρηθούν και να επιλεγούν ως ένας μεμονωμένος ταξιδιωτικός προορισμός.

στ) Απλή περιήγηση

Κατά την λειτουργία αυτή, ο χρήστης περιηγείται στον κατάλογο προϊόντων ή υπηρεσιών, χωρίς καμία πρόθεση να αγοράσει κάτι. Η εργασία που πρέπει να επιτελέσει το σύστημα, είναι απλά να βοηθήσει τον χρήστη να περιηγηθεί στα αντικείμενα ή στις υπηρεσίες, που είναι πιθανότερο να εμπíπτουν εντός του πεδίου ενδιαφέροντος του, μετατρέποντας την περιήγηση σε ένα ταξίδι νέων εμπειριών.

ζ) Εντοπισμός αξιόπιστου Συστήματος Συστάσεων

Ορισμένοι χρήστες δεν εμπιστεύονται τα Συστήματα Σύστασης και ως εκ τούτου πειραματίζονται με αυτά για να ανακαλύψουν πόσο αποτελεσματικά είναι στο να παράγουν προτάσεις. Επομένως, εκτός από τις λειτουργίες που χρειάζονται απλώς για την παραγωγή προτάσεων, κάποια συστήματα προσφέρουν ακόμη και συγκεκριμένες λειτουργίες για να επιτρέψουν στους χρήστες να δοκιμάσουν την συμπεριφορά τους.

η) Βελτίωση του προφίλ

Αυτό σχετίζεται με την δυνατότητα του χρήστη να παρέχει πληροφορίες στο Σύστημα Σύστασης σχετικά με το τι του αρέσει αλλά και με τι δεν του αρέσει. Αυτή είναι μια θεμελιώδης λειτουργία η οποία είναι απολύτως απαραίτητη για την παροχή εξατομικευμένων προτάσεων. Σε περίπτωση που το σύστημα δεν διαθέτει συγκεκριμένη γνώση για τον χρήστη, τότε έχει μόνο την δυνατότητα να του παρέχει απλώς τις ίδιες προτάσεις, που θα πρόσφερε και σε έναν οποιοδήποτε χρήστη.

θ) Αυτό-έκφραση

Ορισμένοι χρήστες ίσως να μην νοιάζονται καθόλου για τις συστάσεις. Αντίθετα, το σημαντικότερο για εκείνους είναι ότι τους δίνεται η ευκαιρία να εκφράσουν τις απόψεις και τις πεποιθήσεις τους. Η ευχαρίστηση του χρήστη από την συγκεκριμένη δραστηριότητα, εξακολουθεί να αποτελεί έναν τρόπο προσκόλλησης του χρήστη στην εφαρμογή.

ι) Παροχή βοήθειας

Ορισμένοι χρήστες νιώθουν ικανοποίηση όταν συνεισφέρουν με πληροφορίες, όπως την αξιολόγηση αντικειμένων, επειδή θεωρούν ότι η κοινότητα επωφελείται από την συνεισφορά τους. Αυτό θα μπορούσε να αποτελέσει ένα μεγάλο κίνητρο για την εισαγωγή πληροφοριών σε ένα σύστημα, το οποίο δεν χρησιμοποιείται συχνά. Για παράδειγμα, σε ένα *Σύστημα Σύστασης* αυτοκινήτων ο χρήστης, ο οποίος έχει ήδη αγοράσει το νέο του αυτοκίνητο γνωρίζει ότι η βαθμολόγηση που εισήγαγε στο σύστημα είναι πιθανότερο να φανεί χρήσιμη σε άλλους χρήστες, παρά για την επόμενη φορά που ο ίδιος θα κληθεί να αγοράσει αυτοκίνητο.

ια) Επηρεασμών τρίτων

Σε διαδικτυακά Συστήματα Σύστασης υπάρχουν χρήστες των οποίων ο κύριος σκοπός είναι αποκλειστικά να επηρεάσουν άλλους χρήστες ώστε να αγοράσουν συγκεκριμένα προϊόντα. Είναι γεγονός ότι υπάρχουν ακόμη και κάποιοι κακοήθεις χρήστες, οι οποίοι χρησιμοποιούν το σύστημα αποκλειστικά για να προωθήσουν ή να δυσφημίσουν συγκεκριμένα προϊόντα ή υπηρεσίες.

Όπως υποδεικνύουν τα παραπάνω σημεία, ο ρόλος ενός *Συστήματος Σύστασης* μπορεί να παρουσιάσει αρκετή ποικιλομορφία στα πλαίσια μιας πληροφοριακής εφαρμογής. Αυτή η ποικιλομορφία, δημιουργεί την ανάγκη καθορισμού των βασικών δομικών συστατικών του, ώστε να γίνει αποδοτικότερη διερεύνηση των διαφόρων χαρακτηριστικών αλλά και τεχνικών που τα συνθέτουν.

1.4 Δομική Ανάλυση των Συστημάτων Σύστασης

Τα *Συστήματα Σύστασης* είναι εφαρμογές επεξεργασίας πληροφοριών, οι οποίες συγκεντρώνουν με δυναμικό ή στατικό τρόπο δεδομένα διαφόρων ειδών, με σκοπό την δημιουργία των προτάσεων τους. Τα δεδομένα αφορούν κυρίως στα αντικείμενα που θα προταθούν, καθώς και τους χρήστες που θα είναι οι παραλήπτες των προτάσεων. Από την στιγμή που τα δεδομένα και οι πηγές γνώσης είναι διαθέσιμα τελικά εναπόκειται στις τεχνικές συστάσεων στο να τα επεξεργαστούν και να παράγουν προτάσεις.

Γενικά, υπάρχουν τεχνικές συστάσεων οι οποίες υστερούν σε γνώση, δηλαδή χρησιμοποιούν πολύ απλοϊκά και βασικά δεδομένα. Για παράδειγμα, βαθμολογήσεις ή αξιολογήσεις του χρήστη για αντικείμενα. Άλλες τεχνικές είναι πολύ περισσότερο εξαρτημένες στην γνώση, δηλαδή χρησιμοποιούν οντολογικές περιγραφές των χρηστών, των αντικειμένων, περιορισμούς, κοινωνικές σχέσεις ή και δραστηριότητες των χρηστών. Σε κάθε περίπτωση, τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται από τα συστήματα συστάσεων μπορούν να κατηγοριοποιηθούν γενικά σε τρία είδη: *Αντικείμενα*, *Χρήστες* και *Συναλλαγές*, δηλαδή σχέσεις μεταξύ χρηστών και αντικειμένων. Αυτές οι τρεις οντότητες αποτελούν τα δομικά στοιχεία των *Συστημάτων Σύστασης*.

1.4.1 Το Δομικό Στοιχείο «Αντικείμενο»

Τα αντικείμενα είναι η οντότητα που προτείνεται στον χρήστη. Τα αντικείμενα είναι πιθανό να χαρακτηρίζονται από την πολυπλοκότητα τους, ενώ η αξία τους βρίσκεται στην χρησιμότητα τους. Η αξία ενός αντικειμένου μπορεί να είναι θετική, εάν το αντικείμενο είναι χρήσιμο για τον χρήστη ή αρνητική, εάν το αντικείμενο είναι ακατάλληλο. Σημειώνουμε εδώ, ότι όταν κάποιος χρήστης αποκτά ένα αντικείμενο, θα πρέπει πάντοτε να επωμιστεί κάποιο κόστος το οποίο περιλαμβάνει το γνωστικό κόστος για την αναζήτηση του αντικειμένου και το πραγματικό χρηματικό κόστος που πληρώνει τελικά για το αντικείμενο.

Για παράδειγμα, ο σχεδιαστής ενός *Συστήματος Σύστασης* ειδήσεων θα πρέπει να λάβει υπόψη του την πολυπλοκότητα μιας είδησης, δηλαδή την δομή

της, την αναπαράσταση της σε μορφή κειμένου και την εξαρτώμενη από τον χρόνο σπουδαιότητα της είδησης. Όμως συγχρόνως, ο σχεδιαστής του συστήματος θα πρέπει να κατανοήσει ότι, παρόλο που ο χρήστης δεν πληρώνει για να διαβάσει τις ειδήσεις, υπάρχει πάντα κάποιο γνωστικό κόστος σχετιζόμενο με την αναζήτηση και την ανάγνωση ειδήσεων. Εάν το επιλεγμένο αντικείμενο είναι σχετικό για τον χρήστη, αυτό το κόστος αντισταθμίζεται από το όφελος της απόκτησης μιας χρήσιμης πληροφορίας, ενώ σε περίπτωση που το αντικείμενο δεν είναι σχετικό, η καθαρή αξία του συγκεκριμένου αντικειμένου για τον χρήστη και η σύστασή του είναι αρνητική. Σε άλλους τομείς, όπως τα αυτοκίνητα ή οι οικονομικές επενδύσεις, το πραγματικό χρηματικό κόστος των αντικειμένων αποτελεί ένα σημαντικό παράγοντα για την επιλογή της πιο κατάλληλης προσέγγισης για την παραγωγή συστάσεων.

Αντικείμενα με χαμηλή πολυπλοκότητα και αξία είναι: οι ειδήσεις, οι ιστοσελίδες, τα βιβλία, οι οπτικοί δίσκοι τραγουδιών, οι ταινίες. Αντικείμενα με μεγαλύτερη πολυπλοκότητα και αξία είναι: οι ψηφιακές κάμερες, τα κινητά τηλέφωνα, οι προσωπικοί υπολογιστές κλπ. Τα πιο σύνθετα αντικείμενα είναι οι πολιτικές ασφαλείας, οι οικονομικές επενδύσεις, τα ταξίδια, οι θέσεις εργασίας **(Montaner et al., 2003)**.

Τα *Συστήματα Σύστασης* μπορούν να αξιοποιήσουν μια σειρά από ιδιότητες και χαρακτηριστικά των αντικειμένων ανάλογα με την τεχνική που εφαρμόζουν. Για παράδειγμα, σε ένα *Σύστημα Σύστασης* ταινιών, το είδος π.χ. κωμωδία, ταινία τρόμου, δράμα, ο σκηνοθέτης και οι ηθοποιοί, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να περιγράψουν μια ταινία και να κατανοήσουμε τον τρόπο με τον οποίο η χρησιμότητα ενός αντικείμενου εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του. Επίσης τα αντικείμενα μπορούν να αναπαρασταθούν με διάφορες πληροφορίες και προσεγγίσεις αναπαράστασης. Με έναν μινιμαλιστικό τρόπο, δηλαδή με έναν μεμονωμένο αναγνωριστικό κωδικό ή με μια πιο εμπλουτισμένη μορφή σαν ένα σύνολο χαρακτηριστικών ή ακόμα και ως μια έννοια σε μια οντολογική αναπαράσταση.

Εν κατακλείδι, για το δομικό στοιχείο *Αντικείμενο* θα πρέπει τα χαρακτηριστικά του να αναπαρασταθούν με έναν κατάλληλο τρόπο, ώστε οι

τεχνικές παραγωγής προτάσεων να δύνανται να προκρίνουν το χρηστικότερο, αυξάνοντας παράλληλα με αυτό τον τρόπο την αξία του στο υποκειμενικό βλέμμα του τελικού χρήστη.

1.4.2 Το Δομικό Στοιχείο «Χρήστης»

Οι χρήστες ενός *Συστήματος Σύστασης* όπως προαναφέρθηκε, μπορεί να έχουν από ίδιους έως και πολύ διαφορετικούς στόχους και χαρακτηριστικά. Για να εξατομικεύσουν τις προτάσεις και την αλληλεπίδραση ανθρώπου-μηχανής, τα *Συστήματα Σύστασης* αξιοποιούν ένα εύρος πληροφοριών για τους χρήστες. Αυτές οι πληροφορίες μπορούν να δομηθούν με διάφορους τρόπους, και για ακόμη μια φορά η επιλογή των πληροφοριών, που θα μοντελοποιηθούν, εξαρτάται από την τεχνική συστάσεων.

Για παράδειγμα, στο *Συνεργατικό Φιλτράρισμα*¹³, οι χρήστες μοντελοποιούνται ως μια απλή λίστα που περιλαμβάνει τις βαθμολογίες που παρέχει ο χρήστης για ορισμένα αντικείμενα. Σε ένα *Δημογραφικό Σύστημα Σύστασης*¹⁴ χρησιμοποιούνται κοινωνικό-δημογραφικά χαρακτηριστικά, όπως η ηλικία, το φύλο, το επάγγελμα και η εκπαίδευση. Θεωρείται ότι, το μοντέλο του χρήστη διαμορφώνει και το προφίλ του χρήστη, δηλαδή κωδικοποιεί τις προτιμήσεις και τις ανάγκες του (**Billsus & Pazzani, 1997; Fischer, 2001**).

Βασικά έχουν χρησιμοποιηθεί διάφορες προσεγγίσεις μοντελοποίησης, και κατά μία έννοια, ένα *Σύστημα Σύστασης* μπορεί να οριστεί και ως ένα εργαλείο το οποίο παράγει προτάσεις δημιουργώντας και αξιοποιώντας μοντέλα χρηστών (**Berkovsky et al., 2008**). Όπου η εξατομίκευση δεν είναι δυνατή, το μοντέλο του χρήστη θα κατέχει πάντα κεντρικό ρόλο. Αναλογιζόμενοι μια προσέγγιση *Συνεργατικού Φιλτράρισματος*, το προφίλ του χρήστη μπορεί να διαμορφωθεί μέσα από τις βαθμολογήσεις των αντικειμένων. Οπότε,

¹³ Το σύστημα προτείνει στον χρήστη αντικείμενα τα οποία άρεσαν στο παρελθόν σε άλλους χρήστες με παρόμοιες προτιμήσεις. Η ομοιότητα στις προτιμήσεις δύο χρηστών υπολογίζεται με βάση την ομοιότητα στο ιστορικό αξιολογήσεων των χρηστών. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο αναφέρεται το *Συνεργατικό Φιλτράρισμα* ως «συσχέτιση ατόμου-με-άτομο». Επίσης θεωρείται η πιο δημοφιλής και ευρέως χρησιμοποιούμενη τεχνική. Αναλυτικά παρουσιάζεται στο κεφ. 2 παρ. 2.1.

¹⁴ Αναλυτικά βλ. κεφ. 2^ο παρ. 2.2.4.

αξιοποιώντας αυτές τις βαθμολογήσεις, το σύστημα εξαγάγει ένα διάνυσμα συνιστωσών τιμών, όπου οι χρήστες διαφέρουν από το βάρος, που έχουν οι συνιστώσες στο μοντέλο τους (**Berkovsky et al., 2009**).

Οι χρήστες μπορούν επίσης να χαρακτηριστούν από τα δεδομένα που αφορούν τα μοτίβα συμπεριφορά τους. Τα δεδομένα του χρήστη πιθανώς να περιλαμβάνουν σχέσεις όχι μόνο μεταξύ των αντικειμένων αλλά και μεταξύ των χρηστών. Ένα Σύστημα Σύστασης είναι δυνατό να χρησιμοποιήσει αυτές τις πληροφορίες για να προτείνει αντικείμενα, τα οποία προτιμήθηκαν από παρόμοιους ή έμπιστους χρήστες (**Taghipour et al., 2007**).

1.4.3 Το Δομικό Στοιχείο «Συναλλαγή»

Γενικά, όταν αναφερόμαστε σε μια Συναλλαγή, εννοούμε μια καταγεγραμμένη αλληλεπίδραση μεταξύ κάποιου χρήστη και του συστήματος. Οι Συναλλαγές είναι σημαντικές πληροφορίες, που παράγονται κατά την αλληλεπίδραση ανθρώπου-μηχανής και οι οποίες είναι χρήσιμες για τον αλγόριθμο παραγωγής προτάσεων που εφαρμόζεται. Η καταγραφή μιας Συναλλαγής μπορεί να περιλαμβάνει μια αναφορά στο επιλεγμένο από τον χρήστη αντικείμενο ή και μια περιγραφή του αιτήματος του χρήστη σε σχέση με την συγκεκριμένη πρόταση. Οι Συναλλαγές αποθηκεύονται σε κατάλληλες βάσεις δεδομένων για μελλοντική αξιοποίηση.

Μία άλλη περίπτωση Συναλλαγής μπορεί να είναι και η άμεση ανατροφοδότηση από τον χρήστη, όπως η αξιολόγησή του για ένα συγκεκριμένο αντικείμενο. Στην πραγματικότητα, οι αξιολογήσεις αποτελούν την δημοφιλέστερη μορφή δεδομένων συναλλαγής που συλλέγει ένα Σύστημα Σύστασης. Αυτές οι αξιολογήσεις μπορούν να συλλεχθούν είτε άμεσα, είτε έμμεσα. Όσον αφορά την άμεση συλλογή αξιολογήσεων, ο χρήστης καλείται να εκφράσει την άποψη του σχετικά με κάποιο αντικείμενο σε μια κλίμακα αξιολόγησης. Σύμφωνα με τους Reilly et al., οι αξιολογήσεις μπορούν να λάβουν διάφορες μορφές (**Reilly et al., 2007**):

α) Αριθμητικές αξιολογήσεις

Έχουν την μορφή των 1-5, συνήθως αστεριών, όπου ο χρήστης καλείται να δηλώσει τον βαθμό ικανοποίησης του, επιλέγοντας το πλήθος των αστεριών που αντιστοιχούν στην γνώμη του.

β) Κανονικές αξιολογήσεις

Έχουν την μορφή λεκτικών φράσεων όπως: συμφωνώ απολύτως, συμφωνώ, ουδέτερος, διαφωνώ, διαφωνώ απολύτως, όπου ο χρήστης καλείται να επιλέξει τον όρο που περιγράφει καλύτερα την γνώμη του, σχετικά με κάποιο αντικείμενο, συνήθως μέσω κάποιου ερωτηματολογίου.

γ) Διαδικές αξιολογήσεις

Οι δυαδικές αξιολογήσεις μοντελοποιούν τις δυνατές επιλογές του χρήστη σε δυαδική μορφή. Ο χρήστης καλείται να αποφασίσει εάν κάποιο αντικείμενο είναι *καλό* ή *όχι καλό*, χωρίς δυνατότητα ενδιάμεσης τοποθέτησης.

δ) Μοναδιαία αξιολόγηση

Η περίπτωση αυτή αναδεικνύει το γεγονός ότι κάποιος χρήστης παρακολούθησε ή αγόρασε ένα αντικείμενο ή ότι αξιολόγησε το αντικείμενο θετικά και μόνο. Σε αυτές τις περιπτώσεις, η απουσία αξιολόγησης υποδηλώνει ότι δεν έχουμε πληροφορίες που να συσχετίζουν τον χρήστη με το αντικείμενο.

Τέλος με την συλλογή πληροφοριών από έμμεσες αξιολογήσεις, το σύστημα στοχεύει στο να συμπεράνει τις προτιμήσεις των χρηστών βασιζόμενο στις ενέργειες τους. Έστω ότι κάποιος χρήστης εισάγει την λέξη κλειδί «Yoga» στο ηλεκτρονικό κατάστημα Amazon, θα του παρουσιαστεί μια μεγάλη λίστα σχετικών βιβλίων. Στην συνέχεια, ο χρήστης ίσως επιλέξει ένα συγκεκριμένο βιβλίο από την λίστα με σκοπό να λάβει επιπρόσθετες πληροφορίες. Σε αυτό το σημείο, το σύστημα υποθέτει ότι ο χρήστης ενδιαφέρεται κατά κάποιο τρόπο για το συγκεκριμένο βιβλίο.

Εν κατακλείδι οι *Συναλλαγές* αποτελούν το τρίτο δομικό στοιχείο των *Συστημάτων Σύστασης*, που συνδέουν πρακτικά τα δομικά στοιχεία του *Χρήστη* και του *Αντικειμένου*. Οι *Συναλλαγές* είναι ένα είδος γεφύρωσης, που

αποτυπώνεται με την μορφή αλληλεπιδράσεων ή και αξιολογήσεων άμεσων ή έμμεσων.

1.5 Η Δυναμική των Συστημάτων Σύστασης στην Εποχή μας

Όπως επισημάνθηκε και στις προηγούμενες παραγράφους, η μελέτη των *Συστημάτων Σύστασης* είναι σχετικά καινούρια, σε σύγκριση με την έρευνα άλλων επιστημονικών τομέων που αφορούν πληροφοριακά συστήματα, τεχνικές και αλγόριθμους διαχείρισης της πληροφορίας, όπως οι *Βάσεις Δεδομένων*, η *Εξόρυξη Γνώσης* και οι *Μηχανές Αναζήτησης*. Τα *Συστήματα Σύστασης* αναδείχθηκαν ως ένα ανεξάρτητο ερευνητικό πεδίο στα μέσα της δεκαετίας του 1990 (**Goldberg et al., 1992**). Βέβαια, τα τελευταία χρόνια, το ενδιαφέρον έχει αυξηθεί, όπως καταδεικνύεται από τα παρακάτω στοιχεία:

Τα *Συστήματα Σύστασης* διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο σε ιστοσελίδες πολύ υψηλής επισκεψιμότητας όπως: η Amazon¹⁵ (**Smith & Linden, 2017**), το YouTube¹⁶ (**Davidson et al., 2010 Sep**), το Netflix¹⁷ (**Gomez-Uribe & Hunt 2016**), η Google¹⁸ (**Das et al., 2007 May**), το LinkedIn¹⁹ (**Kenthapadi & Venkataraman, 2017**) και η Wikipedia²⁰ (**Schwarzer et al., 2017**)

Εταιρίες πολυμέσων σήμερα αναπτύσσουν και χρησιμοποιούν *Συστήματα Σύστασης* στα πλαίσια βελτίωσης των υπηρεσιών που προσφέρουν στους συνδρομητές τους. Για παράδειγμα το Netflix, μια διαδικτυακή υπηρεσία ενοικίασης ταινιών, το 2006 διοργάνωσε έναν ανοικτό διαγωνισμό με χρηματικό έπαθλο ενός εκατομμυρίου δολαρίων στην ομάδα που θα κατάφερνε πρώτη να βελτιώσει κατά 10% την απόδοση του υπάρχοντος *Συστήματος Σύστασης* που χρησιμοποιούσε (**Bennett & Lanning, 2007**).

¹⁵ Βλ. υποσ. 10.

¹⁶ Το YouTube - <https://www.youtube.com> είναι ένας διαδικτυακός τόπος, ο οποίος επιτρέπει αποθήκευση, αναζήτηση και αναπαραγωγή ψηφιακών ταινιών.

¹⁷ Το Netflix - <https://www.netflix.com> είναι μια αμερικανική πολυεθνική εταιρία, η οποία είναι ειδικευμένη στην διαδικτυακή ενοικίαση ταινιών.

¹⁸ Η Google - <https://www.google.com> είναι μια εταιρία διαδικτυακών υπηρεσιών.

¹⁹ Το LinkedIn - <https://www.linkedin.com> είναι ένας ιστοχώρος επαγγελματικής κοινωνικής δικτύωσης.

²⁰ Η Wikipedia - <https://www.wikipedia.org> είναι μια διεθνής, παγκόσμια, ψηφιακή, διαδικτυακή, ελεύθερου περιεχομένου, εγκυκλοπαίδεια.

Επίσης, πραγματοποιούνται ειδικά συνέδρια και ομάδες εργασίας, τα οποία είναι αποκλειστικά αφιερωμένα στο συγκεκριμένο επιστημονικό πεδίο. Κρίνεται σκόπιμη η αναφορά στο ACM Recommender Systems (RecSyS), το οποίο ιδρύθηκε το 2007 και αποτελεί την σημαντικότερη εκδήλωση σχετικά με την έρευνα και τις εφαρμογές της τεχνολογίας των *Συστημάτων Σύστασης*.

Επιπλέον, σε συνέδρια άλλων επιστημονικών πεδίων όπως: Βάσεων Δεδομένων, Πληροφοριακών Συστημάτων και Τεχνητής Νοημοσύνης, αφιερώνουν ειδικές συνεδρίες στα *Συστήματα Σύστασης*, με ομιλίες διακεκριμένων καθηγητών και ερευνητών. Ενδεικτικά αναφέρονται: το Special Interest Group on Information Retrieval (SIGIR), το User Modeling, Adaption and Personalization (UMAP), και το Special Interest Group on Management Of Data (SIGMOD).

Σε πολλά ανώτατα εκπαιδευτικά ιδρύματα ανά τον κόσμο υπάρχουν πλέον προπτυχιακά αλλά και μεταπτυχιακά μαθήματα αποκλειστικά αφιερωμένα στην μελέτη των *Συστημάτων Σύστασης*.

Επίσης συνεχώς αυξάνεται ο αριθμός των βιβλίων που αφορούν τα *Συστημάτων Σύστασης*, παρέχοντας την δυνατότητα σε μη εξειδικευμένο κοινό να γνωρίσει το σχετικό επιστημονικό πεδίο.

Τέλος, υπάρχουν επιστημονικά περιοδικά που αναφέρονται στην έρευνα και τις εξελίξεις στον τομέα των *Συστημάτων Σύστασης*. Μεταξύ των περιοδικών που έχουν αφιερώσει τεύχη τους στα συστήματα συστάσεων περιλαμβάνονται τα εξής: AI Communications, IEEE Intelligent Systems, International Journal of Electronic Commerce, International Journal of Computer Science and Applications, ACM Transactions on Computer-Human Interaction και ACM Transactions on Information Systems.

Από όλα τα παραπάνω διαφαίνεται η δυναμική των *Συστημάτων Σύστασης*, ενός νέου επιστημονικού πεδίου που παρά το μικρό χρονικό διάστημα της ύπαρξης του έχει πραγματοποιήσει βήματα μεγάλα και σημαντικά. Ακολουθώντας αυτή την προοπτική, στο πρόσεχες μέλλον τα *Συστήματα Σύστασης* θα υιοθετηθούν και από άλλους τομείς της καθημερινής μας ζωής,

προκειμένου να ενσωματώσουν τις πρωτοποριακές και ποιοτικές υπηρεσίες τους στους τομείς αυτούς.



ΜΕΡΟΣ «Β»
«ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ»





«Οὐδὲν ἄτακτον τῶν φύσει»

Αριστοτέλης

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

2.1 Γενική Επισκόπηση

Ένα Σύστημα Σύστασης για να υλοποιήσει τη βασική λειτουργία του, δηλαδή να αναγνωρίσει αντικείμενα χρήσιμα για τον χρήστη, θα πρέπει να μπορεί να προβλέψει ότι ένα αντικείμενο αξίζει να προταθεί. Για να πραγματοποιήσει αυτή τη λειτουργία, θα πρέπει να είναι σε θέση να ανακαλύψει τη χρησιμότητα των αντικειμένων ή τουλάχιστον, να συγκρίνει την χρησιμότητα μεταξύ κάποιων από αυτά. Στη συνέχεια να «αποφασίσει», από αυτά που αξιολόγησε ως χρήσιμα με ποια σειρά να τα προτείνει. Αυτό το απλό μοντέλο που περιγράψαμε, δύναται να χρησιμοποιηθεί για να αποτυπώσει κατά τρόπο γενικό την αποστολή ενός *Συστήματος Σύστασης* (Cheng et al., 2016).

Στο τρέχον κεφάλαιο στόχος μας είναι να παράσχουμε στον αναγνώστη μια γενική εικόνα λειτουργίας όλων των διαφορετικών προσεγγίσεων σύστασης που εφαρμόζονται. Για να κατανοήσουμε καλύτερα τη λειτουργία της πρόβλεψης, μπορούμε να αναλογιστούμε έναν απλό, μη εξατομικευμένο αλγόριθμο, ο οποίος προτείνει απλώς τα πιο δημοφιλή τραγούδια. Η λογική για τη χρησιμοποίηση

αυτής της προσέγγισης είναι η απουσία ακριβέστερων πληροφοριών σχετικά με τις προτιμήσεις του χρήστη. Ένα δημοφιλές τραγούδι, δηλαδή κάτι το οποίο αρέσει σε πολλούς χρήστες, θα αρέσει πιθανότατα και στον μέσο χρήστη, τουλάχιστον περισσότερο από άλλα τυχαίως επιλεγμένα τραγούδια. Επομένως, η χρησιμότητα αυτών των δημοφιλών τραγουδιών προβλέπεται να είναι επαρκώς υψηλή για τον μέσο χρήστη.

Αυτή η οπτική, που ορίζει την βασική λειτουργία παραγωγής των συστάσεων, έχει προταθεί μεταξύ άλλων και από τους Adomavicius & Tuzhilin (**Adomavicius & Tuzhilin, 2005**). Συγκεκριμένα, αρχικά μοντελοποιείται ο βαθμός της ωφέλειας του χρήστη u , από το αντικείμενο i , ως μια πραγματική συνάρτηση $R(u, i)$. Η θεμελιώδης λειτουργία ενός *Συστήματος Σύστασης Συνεργατικού Φιλτραρίσματος* είναι να εκτιμήσει την τιμή R για ζευγάρια χρηστών και αντικειμένων. Σαν αποτέλεσμα, έχοντας υπολογίσει αυτήν την πρόβλεψη για τον ενεργό χρήστη u , και για ένα σύνολο αντικειμένων $i_1, i_2, i_3, \dots, i_n$ $n \in N^*$, το σύστημα θα προτείνει τα αντικείμενα $i_1, i_2, i_3, \dots, i_k$ όπου $k \in N^*$ και $k \leq n$, με την υψηλότερη αναμενόμενη ωφέλεια. Το k είναι συνήθως ένας μικρός αριθμός, για την ακρίβεια πολύ μικρότερος από το σύνολο των αντικειμένων το οποίο εξετάζεται. Ως αρχική παρατήρηση μπορούμε να πούμε ότι, τα αντικείμενα που συστήνονται στους χρήστες, φιλτράρονται κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να μειωθούν οι δυνατές επιλογές.

Επίσης, είναι σημαντικό να επισημάνουμε ότι σε ορισμένες περιπτώσεις, η ωφέλεια του χρήστη από κάποιο αντικείμενο οφείλεται και σε άλλες παραμέτρους, τις οποίες γενικά αποκαλούμε «συναφείς» (**Adomavicius et al., 2005**). Για παράδειγμα, η χρησιμότητα ενός αντικειμένου για κάποιον χρήστη μπορεί να επηρεαστεί από το επίπεδο των γνώσεων που κατέχει ο χρήστης στον συγκεκριμένο τομέα ή μπορεί να εξαρτάται από τη χρονική στιγμή που πραγματοποιείται το αίτημα για την πρόταση. Ακόμη, ο χρήστης ίσως να ενδιαφέρεται περισσότερο για αντικείμενα που εντοπίζονται πλησιέστερα στην τρέχουσα τοποθεσία του, όπως ένα εστιατόριο. Επομένως, οι συστάσεις θα πρέπει να προσαρμόζονται ανάλογα με αυτές τις συγκεκριμένες επιπρόσθετες λεπτομέρειες και σαν αποτέλεσμα γίνεται όλο και πιο δύσκολο να εκτιμηθούν

σωστά οι κατάλληλες προτάσεις, καθώς υπεισέρχεται ο παράγοντας της εξατομίκευσης (**Reusens et al., 2018**).

Ολοκληρώνοντας, οι κατηγορίες των *Συστημάτων Σύστασης*, οι οποίες σύμφωνα με τους ερευνητές του συγκεκριμένου επιστημονικού τομέα έχουν διακριθεί, αναλύονται παρακάτω.

2.2 Κατηγορίες Συστημάτων Σύστασης

Σε αυτή την παράγραφο παρουσιάζεται μια σειρά από *Συστήματα Σύστασης* διαφορετικών τύπων, τα οποία διαφέρουν ως προς τον τομέα που εξετάζουν, την γνώση, αλλά ειδικότερα τον αλγόριθμο παραγωγής προτάσεων που χρησιμοποιούν, δηλαδή στον τρόπο με τον οποίο προβλέπουν την ωφέλεια μιας πρότασης. Επίσης, άλλες διαφοροποιήσεις σχετίζονται με τον τρόπο που οι συστάσεις συγκεντρώνονται και παρουσιάζονται στον χρήστη, ως απάντηση στα αιτήματα του.

Σε συνέχεια των ανωτέρω για να δώσουμε μια πρώτη εικόνα των διαφορετικών κατηγοριών των υπό μελέτη συστημάτων, θα παραθέσουμε μια κατηγοριοποίηση που έχει δοθεί από τους Ricci et al και έχει καθιερωθεί ως κλασική προσέγγιση (**Ricci et al., 2015**). Οι έξι διακριτές κατηγορίες συστημάτων είναι:

- α) Συστήματα Σύστασης Βασισμένα στο Συνεργατικό Φιλτράρισμα²¹
- β) Συστήματα Σύστασης Βασισμένα στο Περιεχόμενο²²
- γ) Συστήματα Σύστασης Βασισμένα στη Γνώση²³
- δ) Δημογραφικά Συστήματα Σύστασης²⁴
- ε) Συστήματα Βασισμένα σε Κοινότητα²⁵

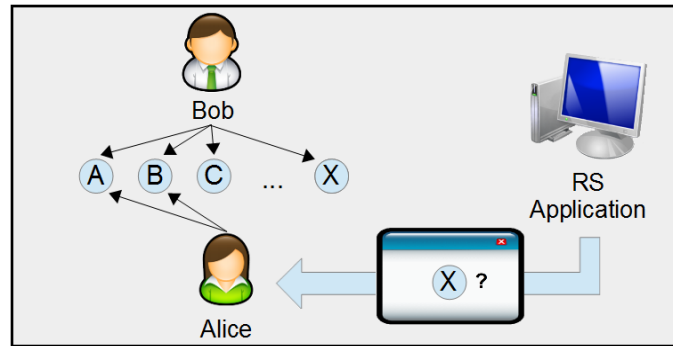
²¹ Αγγλ. *Collaborative Filtering Recommendation Systems*.

²² Αγγλ. *Content-Based Recommendation Systems*.

²³ Αγγλ. *Knowledge-Based Recommendation Systems*.

²⁴ Αγγλ. *Demographic Recommendation Systems*.

²⁵ Αγγλ. *Society Based Recommendation Systems*



Εικόνα 2. Συστήματα Σύστασης Βασισμένα στο Συνεργατικό Φιλτράρισμα: Ο Bob επέλεξε τα αντικείμενα A, B, C και X, η Alice επέλεξε τα A και B. Το σύστημα βασισμένο στο Συνεργατικό Φιλτράρισμα θα προτείνει στην Alice το αντικείμενο X.

στ) Υβριδικά Συστήματα²⁶

Κάθε κατηγορία εφαρμόζει ξεχωριστές τεχνικές προτάσεων, φιλοδοξώντας να επιτύχει τη βέλτιστη παροχή συστάσεων, προσαρμοσμένων στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά έκαστου χρήστη.

2.2.1 Συστήματα Σύστασης Βασισμένα στο Συνεργατικό Φιλτράρισμα

Η πιο απλή υλοποίηση της συγκεκριμένης προσέγγισης, προτείνει στον ενεργό χρήστη αντικείμενα τα οποία άρεσαν στο παρελθόν σε άλλους χρήστες με παρόμοιες προτιμήσεις. Η ομοιότητα στις προτιμήσεις δύο χρηστών υπολογίζεται με βάση την ομοιότητα στο ιστορικό αξιολογήσεων των χρηστών. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο αναφέρεται το συνεργατικό φιλτράρισμα ως «συσχέτιση ατόμου-με-άτομο» (Schafer et al., 2001- 2007). Το συνεργατικό φιλτράρισμα θεωρείται η πιο δημοφιλής και ευρέως χρησιμοποιούμενη τεχνική (Εικόνα 2).

Μία από τις μεθόδους που εφαρμόζεται στην εν λόγω κατηγορία είναι εκείνη των πλησιέστερων γειτόνων, που εστιάζει στις σχέσεις μεταξύ αντικειμένων ή εναλλακτικά μεταξύ χρηστών. Μια προσέγγιση αντικειμένου με

²⁶ Αγγλ. Hybrid Recommendation Systems

αντικείμενο μοντελοποιεί την προτίμηση του χρήστη, με βάση τις αξιολογήσεις του ίδιου για παρόμοια αντικείμενα. Η μέθοδος των πλησιέστερων γειτόνων είναι αρκετά δημοφιλής, λόγω της απλότητας και της αποτελεσματικότητας που παρουσιάζει, καθώς και λόγω της ικανότητας της να παράγει ακριβείς και εξατομικευμένες προτάσεις.

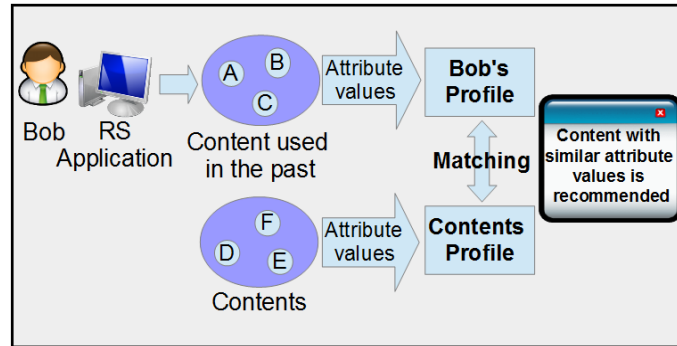
Πρόσφατα έχουν προταθεί αρκετές επεκτάσεις για την δημιουργία *Συστημάτων Σύστασης* βασισμένων στο *Συνεργατικό Φιλτράρισμα*. Πιο συγκεκριμένα, έχουν προταθεί μοντέλα *λανθάνοντα παράγοντα*, όπως η παραγοντοποίηση πίνακα με την μέθοδο της *αποσύνθεσης μοναδικής τιμής*²⁷ (**Paterek, 2007**). Αυτού του είδους οι μέθοδοι μετασχηματίζουν και τα αντικείμενα, αλλά και τους χρήστες στον ίδιο *λανθάνοντα παραγοντικό χώρο*. Ο λανθάνων χώρος αξιοποιείται στη συνέχεια για να ερμηνεύσει τις αξιολογήσεις, χαρακτηρίζοντας και τα προϊόντα, αλλά και τους χρήστες σε όρους παραγοντικών τιμών, που αναδεικνύονται αυτόματα από την ανατροφοδότηση που παρέχουν οι χρήστες.

Η μέθοδος *αποσύνθεσης μοναδικής τιμής* διαχειρίζεται τα επιπρόσθετα χαρακτηριστικά των δεδομένων με τεχνικές, όπως η έμμεση ανατροφοδότηση και η χρήση προσωρινών πληροφοριών. Επίσης, για να αντιμετωπιστούν οι αδυναμίες των τεχνικών κοντινών γειτόνων χρησιμοποιούνται περισσότερο δραστικές λύσεις, όπως οι τεχνικές *καθολικής βελτιστοποίησης*. Αξιοποιώντας τέτοιου είδους τεχνικές, μπορεί να καταστεί δυνατή ή αύξηση του μεγέθους των *γεινιάσεων*. Έτσι, η ακρίβεια των μεθόδων αυτών πλησιάζει αυτήν των μοντέλων παραγοντοποίησης πίνακα (**Sarwar et al., 2002**).

2.2.2 Συστήματα Σύστασης Βασισμένα στο Περιεχόμενο

Στην κατηγορία αυτή το σύστημα μαθαίνει να προτείνει αντικείμενα, τα οποία είναι παρόμοια με εκείνα που άρεσαν στον χρήστη στο παρελθόν, (**Pazzani & Billsus, 2007**). Η ομοιότητα των αντικειμένων υπολογίζεται με βάση

²⁷ Αγγλ. *Singular Value Decomposition (SVD)*

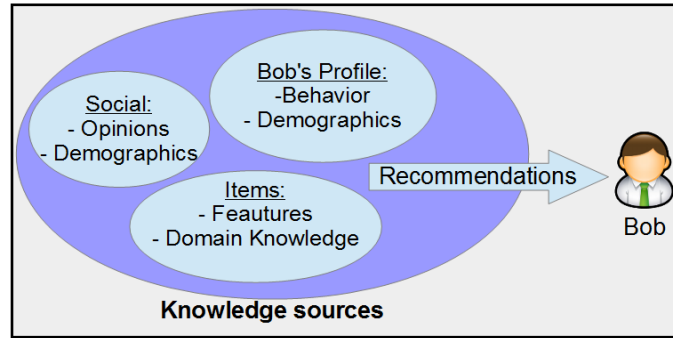


Εικόνα 3. Συστήματα Σύστασης βασισμένα στο Περιεχόμενο: Το Σύστημα χρησιμοποιεί χαρακτηριστικά των αντικειμένων για να προτείνει αντικείμενα τα οποία έχουν παρόμοιο περιεχόμενο με αυτά που είχε επιλέξει ο Bob στο παρελθόν

τα χαρακτηριστικά των συγκρινόμενων αντικειμένων (**Εικόνα 3**). Για παράδειγμα, σε περίπτωση που ο χρήστης αξιολογήσει θετικά μια ταινία, η οποία ανήκει στην κατηγορία της κωμωδίας, τότε το σύστημα μαθαίνει να προτείνει και άλλες ταινίες που ανήκουν στο συγκεκριμένο είδος (**Lops et al., 2011**).

Σε πολλές περιπτώσεις, που η πληροφορία είναι αδόμητη, όπως το βιογραφικό σημείωμα ενός υποψήφιου εργαζόμενου, απαιτείται κάποιου είδους προ-επεξεργασία για να εξορυχθούν δομημένες σχετικές πληροφορίες. Οπότε η κύρια αποστολή των συστημάτων περιεχομένου είναι η αναπαράσταση των αδόμητων πηγών, όπως έγγραφα, ιστοσελίδες, νέα, περιγραφή προϊόντων, βιογραφικά σημειώματα, σε μορφή κατάλληλη προς επεξεργασία. Τα αδόμητα κείμενα αναλύονται από τεχνικές εξαγωγής χαρακτηριστικών, ώστε έννοιες ουσιαστικού ενδιαφέροντος να αναπαρίστανται με δομημένο τρόπο π.χ. με διανύσματα.

Η μοντελοποίηση των οντοτήτων καθίσταται ιδιαίτερα σημαντική καθώς, η λεπτομερής υλοποίηση τους θα προσδώσει τη δυναμική στα επόμενα βήματα να λειτουργήσουν αποτελεσματικά προς την επιθυμητή κατεύθυνση. Η μοντελοποίηση μπορεί να αποτελέσει και ένα καθαρά ξεχωριστό συστατικό ή μια ξεχωριστή λειτουργική ενότητα σε ένα *Σύστημα Σύστασης Βασισμένο στο Περιεχόμενο*, με τις δικές του προκλήσεις υλοποίησης.



Εικόνα 4. Συστήματα Σύστασης Βασισμένα στη Γνώση: Το σύστημα παράγει συστάσεις για τον Bob, χρησιμοποιώντας γνώση από διάφορες πηγές.

2.2.3 Συστήματα Σύστασης Βασισμένα στη Γνώση

Τα συστήματα που βασίζονται στη γνώση προτείνουν αντικείμενα βασιζόμενα σε εξειδικευμένη γνώση. Ελέγχονται συγκεκριμένα χαρακτηριστικά των αντικειμένων αν συμβαδίζουν με τις ανάγκες και τις προτιμήσεις των χρηστών και τελικά με ποιον τρόπο το αντικείμενο είναι ωφέλιμο για τον χρήστη.

Αξιοσημείωτα *Συστήματα Σύστασης Βασισμένα στη Γνώση* αποτελούν τα συστήματα που βασίζονται σε *υπόθεση* (Bridge et al., 2005). Σε αυτά τα συστήματα, μια συνάρτηση ομοιότητας εκτιμά τον βαθμό στον οποίο οι ανάγκες του χρήστη (περιγραφή του προβλήματος) ταιριάζουν με τις προτάσεις (λύσεις του προβλήματος). Σε αυτήν την περίπτωση ο βαθμός ομοιότητας μπορεί άμεσα να μεταφραστεί, ως η χρησιμότητα της εκάστοτε πρότασης για τον χρήστη (Εικόνα 4). Τα βασισμένα σε *περιορισμούς* συστήματα αποτελούν ένα ακόμη τύπο. Συλλέγονται οι προδιαγραφές του χρήστη, ενώ σε περιπτώσεις όπου δεν είναι δυνατό να βρεθεί κάποια λύση προτείνονται διορθώσεις για τυχόν ασυνεπείς προδιαγραφές και τέλος ερμηνεύονται τα αποτελέσματα των προτάσεων.

Η κυριότερη διαφορά των δύο ανωτέρω τύπων έγκειται στον τρόπο με τον οποίο υπολογίζονται οι προτάσεις. Τα βασισμένα στην *υπόθεση* συστήματα καθορίζουν τις προτάσεις με βάση τα στοιχεία που διαθέτουν για την ομοιότητα, ενώ τα βασισμένα στους *περιορισμούς* αξιοποιούν κυρίως βάσεις δεδομένων οι οποίες εμπεριέχουν σαφείς κανόνες σχετικά με την συσχέτιση των

προδιαγραφών του χρήστη με τα χαρακτηριστικά του αντικειμένου (**Felfernig & Burke, 2008**).

Τα *Συστήματα Σύστασης Βασισμένα στη Γνώση* έχουν την τάση να λειτουργούν καλύτερα από άλλες κατηγορίες συστημάτων, ιδιαίτερα κατά την αρχική εφαρμογή τους. Όμως στην πορεία, εάν δεν είναι εξοπλισμένα με τις απαραίτητες τεχνικές μάθησης, μπορεί να ξεπεραστούν από άλλα απλούστερα συστήματα, που όμως έχουν την δυνατότητα αξιοποίησης των αρχείων καταγραφής της αλληλεπίδρασης ανθρώπου-μηχανής, όπως στο *Συνεργατικό Φιλτράρισμα* (**Zanker et al., 2010**).

2.2.4 Δημογραφικά Συστήματα Σύστασης

Αυτός ο τύπος συστημάτων προτείνει αντικείμενα βασισμένα στο δημογραφικό προφίλ του χρήστη. Η ιδέα της λειτουργίας τους είναι ότι πρέπει να παράγονται διαφορετικές συστάσεις για διαφορετικές δημογραφικές περιπτώσεις. Πολλές ιστοσελίδες υιοθετούν απλές και αποτελεσματικές λύσεις εξατομίκευσης βασιζόμενες σε δημογραφικά στοιχεία.

Για παράδειγμα, οι χρήστες παραπέμπονται σε συγκεκριμένες ιστοσελίδες με βάση την γλώσσα, την χώρα προέλευσης, την ηλικία, το φύλο, το επάγγελμα ή την εκπαίδευσή τους, δηλαδή οι προτάσεις προσαρμόζονται ανάλογα με τα ιδιαίτερα κοινωνικό-δημογραφικά χαρακτηριστικά του χρήστη. Παρόλο που αυτού του είδους οι προσεγγίσεις είναι αρκετά δημοφιλείς, η έρευνα σε αυτή την κατηγορία των συστημάτων έχει ενσωματωθεί στις κατηγορίες των *Συστημάτων Σύστασης Συνεργατικού Φιλτραρίσματος και Βασισμένων στην Γνώση*, θέτοντας ουσιαστικά αυτή την κατηγορία στο αρχείο (**Yapriady & Uitdenbogerd, 2005**).

2.2.5 Συστήματα Σύστασης Βασισμένα σε Κοινότητα

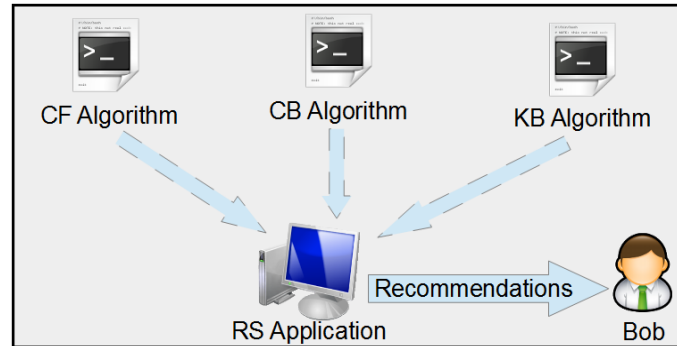
Αυτού του είδους τα συστήματα προτείνουν αντικείμενα με βάση τις προτιμήσεις των «φίλων» του χρήστη. Η συγκεκριμένη τεχνική ακολουθεί την συμβουλή της φράσης: «*Πες μου τους φίλους σου, να σου πω ποιος είσαι!*».

Υπάρχουν ενδείξεις που υποστηρίζουν ότι οι άνθρωποι στηρίζονται περισσότερο σε προτάσεις προερχόμενες από γνωστά, έμπιστα άτομα, παρά από προτάσεις ανώνυμων ατόμων. Η παρατήρηση αυτή, σε συνδυασμό με την αυξανόμενη δημοτικότητα των ανοιχτών κοινωνικών δικτύων, αποτελεί ανερχόμενο πλεονέκτημα για την εν λόγω κατηγορία (**Arazy et al., 2009**).

Συγκεκριμένα, στην κατηγορία αυτή μοντελοποιούνται και συγκεντρώνονται πληροφορίες σχετικά με τις κοινωνικές σχέσεις των χρηστών αλλά και τις προτιμήσεις των «φίλων» κάθε χρήστη. Στην πραγματικότητα, αυτά τα συστήματα ακολουθούν την ανάπτυξη των κοινωνικών δικτύων και ενεργοποιούν έναν απλό τρόπο για την συλλογή των δεδομένων, που σχετίζεται με τις κοινωνικές σχέσεις των ατόμων.

Η έρευνα στο συγκεκριμένο πεδίο βρίσκεται ακόμη σε αρχικό στάδιο και τα αποτελέσματα για την απόδοση των συστημάτων είναι συγκεχυμένα. Για παράδειγμα, ο Golbeck αναφέρει ότι κατά μέσο όρο, οι συστάσεις που βασίζονται στα κοινωνικά δίκτυα δεν είναι πιο ακριβείς από εκείνες που παράγονται από παραδοσιακές προσεγγίσεις *Συνεργατικού Φιλτραρίσματος*, εκτός από ειδικές περιπτώσεις, όταν οι αξιολογήσεις των χρηστών διαφέρουν σε μεγάλο βαθμό για ένα συγκεκριμένο αντικείμενο (αμφιλεγόμενα αντικείμενα) ή σε αρχικές καταστάσεις, όπου οι χρήστες δεν έχουν πραγματοποιήσει αξιολογήσεις στον απαιτούμενο βαθμό, ώστε να υπολογιστεί η ομοιότητα με άλλους χρήστες (**Golbeck, 2006**).

Άλλες έρευνες έχουν δείξει ότι συμπεριλαμβάνοντας δεδομένα κοινωνικών δικτύων στις παραδοσιακές μεθόδους *Συνεργατικού Φιλτραρίσματος*, βελτιώνονται τα αποτελέσματα των συστάσεων. Εν κατακλείδι, και αυτή η κατηγορία φέρεται να έχει ενσωματωθεί σε εκείνη του *Συνεργατικού Φιλτραρίσματος*, επομένως δεν θα ήταν άτοπο να ισχυριστούμε ότι δεν υφίσταται πλέον ως βασική αυτόνομη κατηγορία (**Carmel et al, 2009**).



Εικόνα 5. Υβριδικά Συστήματα Σύστασης: Το σύστημα συνδυάζει δύο ή περισσότερες τεχνικές για να παρέχει καλύτερες συστάσεις στον Bob.

2.2.6 Υβριδικά Συστήματα Σύστασης

Αυτή η κατηγορία συστημάτων βασίζεται στον συνδυασμό των τεχνικών που αναφέρθηκαν παραπάνω. Ένα υβριδικό σύστημα, που συνδυάζει τις τεχνικές δύο κατηγοριών, προσπαθεί να αξιοποιήσει τα πλεονεκτήματα της μιας με σκοπό να διορθώσει τα μειονεκτήματα της άλλης (**Taghipour & Kardan, 2008- Yang et al., 2017**).

Για παράδειγμα, οι μέθοδοι *Συνεργατικού Φιλτραρίσματος* πάσχουν από προβλήματα που συνδέονται με καινούρια αντικείμενα, δηλαδή δεν μπορούν συστήσουν αντικείμενα για τα οποία δεν υπάρχουν επαρκείς διαθέσιμες αξιολογήσεις. Αυτό όμως δεν περιορίζει τις βασισμένες στο περιεχόμενο ή την γνώση προσεγγίσεις, αφού η πρόβλεψη για καινούρια αντικείμενα βασίζεται στην περιγραφή τους (χαρακτηριστικά γνωρίσματα), η οποία είναι συνήθως εύκολα διαθέσιμη (**Εικόνα 5**).

Στα *Υβριδικά Συστήματα Σύστασης* υπάρχουν τρία διαφορετικά αλγοριθμικά παραδείγματα για την ενσωμάτωση συναφών πληροφοριών στην διαδικασία παραγωγής συστάσεων (**Burke, 2002- 2005**):

- α) Βασισμένων στην αναγωγή (προ-φιλτράρισμα)
- β) Συναφές μετά-φιλτράρισμα
- γ) Μοντελοποίησης περιεχομένου

Με τις μεθόδους που βασίζονται στην αναγωγή (προ-φιλτράρισμα), μόνο οι πληροφορίες που αντιστοιχούν στο τρέχων περιεχόμενο χρήσης, όπως για παράδειγμα οι αξιολογήσεις για τα αντικείμενα με συναφές περιεχόμενο, χρησιμοποιούνται για την παραγωγή προτάσεων. Στο συναφές μετά-φιλτράρισμα, ο αλγόριθμος συστάσεων αγνοεί τις πληροφορίες για το περιεχόμενο. Η έξοδος του αλγορίθμου φιλτράρεται και προσαρμόζεται με σκοπό να συμπεριλάβει αποκλειστικά τις προτάσεις που είναι σχετικές με το περιεχόμενο στόχο. Στην μοντελοποίηση του περιεχομένου, την πιο εκλεπτυσμένη από τις τρεις τεχνικές, χρησιμοποιούνται άμεσα τα δεδομένα περιεχομένου για την πρόβλεψη του μοντέλου.

2.3 Υλοποιήσεις Συστημάτων Σύστασης Εργασίας

Σε συνέχεια των βασικών προσεγγίσεων που εφαρμόζονται στα *Συστήματα Σύστασης*, παρουσιάζουμε παρακάτω διάφορες υλοποιήσεις βασισμένες στις ανωτέρω τεχνικές και αλγορίθμους, καθώς και σε άλλες υλοποιήσεις εκτός κατηγοριών, εξαιρετικά ενδιαφέρουσες για τον τομέα της αναζήτησης εργασίας-εργαζομένου.

Οι Paparrizos et al. αντιμετώπισαν το πρόβλημα συστάσεων ως ένα πρόβλημα μηχανικής μάθησης. Δημιούργησαν ένα αυτοματοποιημένο σύστημα, το οποίο έχει την δυνατότητα να προτείνει θέσεις εργασίας στους αιτούντες, με βάση το ιστορικό της εργασιακής τους εμπειρίας, με σκοπό να διευκολύνει την διαδικασία επιλογής νέας εργασίας. Στο συγκεκριμένο μοντέλο μάθησης, ένα αντικείμενο αντιπροσωπεύει το άτομο που προσλαμβάνεται από κάποιον οργανισμό. Κάθε αντικείμενο χαρακτηρίζεται από σύνολα χαρακτηριστικών, τα οποία εξάγονται από τα βιογραφικά σημειώματα των υποψηφίων. Δοθέντος ενός ατόμου που εργάζεται σε έναν οργανισμό, επιθυμούν να προβλέψουν τον επόμενο οργανισμό που θα μπορούσε να εργασθεί. Εάν η ακρίβεια αυτού του είδους των προβλέψεων είναι ικανοποιητικά υψηλή, τότε το μοντέλο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να προτείνει οργανισμούς σε εργαζομένους οι οποίοι αναζητούν εργασία. Η προσέγγιση αυτή αξιοποιεί όλες τις προηγούμενες εργασιακές μεταβάσεις, καθώς και δεδομένα και για τους εργαζομένους αλλά και

για τους οργανισμούς, με σκοπό να προβλέψει την επόμενη εργασιακή μετάβαση του εργαζομένου. Έτσι εκπαιδεύουν ένα μοντέλο μηχανικής μάθησης χρησιμοποιώντας έναν μεγάλο αριθμό εργασιακών μεταβάσεων που εξάγεται από τα προφίλ των υποψηφίων (**Paparrizos et al., 2011**).

Οι Singh et al. έχουν παρουσιάσει το σύστημα PROSPECT, που αποτελεί ένα εργαλείο υποστήριξης αποφάσεων. Το σύστημα αυτό βοηθά τους υπεύθυνους προσλήψεων να κατατάξουν τα βιογραφικά σημειώματα των υποψηφίων. Αναζητεί στα βιογραφικά σημειώματα χαρακτηριστικά του προφίλ των υποψηφίων, όπως δεξιότητες, εκπαίδευση και εμπειρία. Χρησιμοποιεί τεχνικές εξόρυξης δεδομένων για να κατατάξει τους υποψηφίους για μια δεδομένη θέση εργασίας. Για κάθε προφίλ θέσεως εργασίας, το σύστημα κατατάσσει τους υποψηφίους βασιζόμενο στην ομοιότητα μεταξύ του προφίλ της θέσεως εργασίας και του βιογραφικού σημειώματος του υποψηφίου. Η κατάταξη είναι δυνατό να βελτιωθεί προσθέτοντας κριτήρια φιλτραρίσματος. Τα κριτήρια αυτά βασίζονται στα μεταδεδομένα του υποψηφίου, καθώς και στις πληροφορίες που εξάγονται αυτόματα από το βιογραφικό σημείωμα του υποψηφίου. Το συγκεκριμένο σύστημα αποτελείται από τρία κύρια συστατικά μέρη: α) τον επεξεργαστή παρτίδας, β) τον επεξεργαστή ερωτήσεων και γ) το εργαλείο αντιστοίχισης βιογραφικών. Οι καινούριες αιτήσεις επεξεργάζονται αρχικά από τον επεξεργαστή παρτίδας. Αυτός αποθηκεύει τα μεταδεδομένα του υποψηφίου στην κύρια βάση δεδομένων και εξάγει δεδομένα από το βιογραφικό σημείωμα του υποψηφίου, τα οποία με την σειρά τους αποθηκεύονται στην βάση δεδομένων. Αυτές οι πληροφορίες χρησιμοποιούνται από τον επεξεργαστή ερωτήσεων και το εργαλείο αντιστοίχισης βιογραφικών για να παράσχουν την λίστα κατάταξης των υποψηφίων για μια δεδομένη ερώτηση (**Singh et al., 2010**).

Οι Yu et al. πρότειναν μια μέθοδο βασισμένη στο ιστορικό της αλληλεπίδρασης του χρήστη και σε μια καινούρια μέθοδο μέτρησης της ομοιότητας. Η διαδικασία της παραγωγής συστάσεων διαχωρίστηκε σε δύο μέρη: α) Σύσταση θέσης εργασίας και β) Σύσταση υποψήφιου εργαζομένου. Για αμφότερα τα μέρη, οι συστάσεις θα πρέπει να είναι αντικείμενα τα οποία ανταποκρίνονται καλύτερα στις προτιμήσεις τους. Η ωφέλιμη πληροφορία εξάγεται από τα βιογραφικά σημειώματα των χρηστών. Στην συνέχεια,

εντοπίζουν τις ρητά εκφρασμένες προτιμήσεις των χρηστών και αποκτούν τις υποδηλούμενες προτιμήσεις με έμμεσο τρόπο ανάλογα με την κατάσταση αποστολής και λήψης βιογραφικών σημειωμάτων. Τελικά, υπολογίζεται η συνολική ομοιότητα και παράγεται η σύσταση. Τα βήματα της συστάσεως έχουν ως εξής:

α) Οι προτιμήσεις των χρηστών εξάγονται από το περιεχόμενο των βιογραφικών σημειωμάτων των χρηστών και στην συνέχεια, το χαρακτηριστικό καθορίζεται και μετατρέπεται σε διάνυσμα.

β) Η ομοιότητα που έχει υπολογιστεί μεταξύ των χρηστών με την σειρά της υπολογίζει την αμοιβαία βαθμολογία.

γ) Τελικά, η σύσταση παράγεται κατατάσσοντας τις αμοιβαίες βαθμολογίες με σκοπό την παρουσίαση των κορυφαίων προτάσεων.

Η ομοιότητα διαφορετικών προτιμήσεων υπολογίζεται χρησιμοποιώντας διαφορετικές μεθόδους (Yu et al., 2011).

Στην εργασία τους οι Hong et al., παρουσιάζουν μια περιεκτική διερεύνηση τεσσάρων διαδικτυακών συστημάτων συστάσεως θέσεων εργασίας από τέσσερις διαφορετικές οπτικές γωνίες:

- α) Το προφίλ του χρήστη
- β) Τις στρατηγικές συστάσεως
- γ) Τα αποτελέσματα των συστάσεων
- δ) Την ανατροφοδότηση από τον χρήστη.

Συγκεκριμένα, συνοψίζουν τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα αυτού του είδους των συστημάτων συστάσεως εργασίας και αναδεικνύουν τις διαφορές τους. Στην συνέχεια, εξετάζουν τις προκλήσεις που παρουσιάζει η δημιουργία *Συστημάτων Συστάσεως* εργασίας υψηλής ποιότητας. Κύρια πρόκληση αποτελεί η σχεδίαση στρατηγικών συστάσεως καθώς διαφορετικοί υποψήφιοι πιθανώς να παρουσιάζουν και διαφορετικά χαρακτηριστικά. Για να αντιμετωπίσουν την προαναφερθείσα πρόκληση, ανέπτυξαν ένα διαδικτυακό σύστημα εργασίας, το iHR, το οποίο κατατάσσει τους χρήστες σε διαφορετικές ομάδες και εφαρμόζει

διαφορετικές προσεγγίσεις συστάσεως για διαφορετικές ομάδες χρηστών. Σαν αποτέλεσμα, το iHR έχει την ικανότητα να επιλέγει την κατάλληλη προσέγγιση συστάσεως σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά των χρηστών. Η αποτελεσματικότητα του συγκεκριμένου συστήματος αποδεικνύεται από εμπειρικά δεδομένα (**Hong et al., 2013 Aug**).

Στην εργασία τους οι Yang et al., εστιάζουν στην λειτουργία των *Συστημάτων Συστάσεως Εργασίας*. Συγκεκριμένα, λαμβάνουν υπόψη μια σειρά από εξατομικευμένες προσεγγίσεις συστάσεως βασισμένες στο περιεχόμενο και βασισμένες στην υπόθεση. Επίσης, διερευνούν μια σειρά αναπαραστάσεων των αντικειμένων βασισμένων στα χαρακτηριστικά τους, μαζί με μια ποικιλία συνδυασμών από σταθμισμένα χαρακτηριστικά. Τέλος, πραγματοποιούν μια συγκριτική αξιολόγηση των διάφορων προσεγγίσεων χρησιμοποιώντας ένα πραγματικό σύνολο δεδομένων (**Yang et al., 2013**).

Το *Ενεργό Σύστημα Συστάσεων* είναι ένα προσαρμοστικό σύστημα το οποίο επιχείρησε να συνδυάσει την ιδέα των *Συστημάτων Σύστασης* (**Schafer et al., 2001**) και των Προσαρμοστικών Υπερμέσων (**Berkovsky et al., 2006**). Αυτό το σύστημα εμπεριέχει πέντε συστατικά στοιχεία: α) ιστό αράχνης, β) οντολογικό ελεγκτή, γ) αναλυτή προφίλ, δ) αναλυτή προτιμήσεων, και ε) την γεννήτρια της διεπαφής του χρήστη. Ο ιστός της αράχνης είναι ένας αναλυτής που με περιοδικό τρόπο αποκτά πληροφορίες για θέσεις εργασίας από μία εξωτερική πηγή. Ο οντολογικός ελεγκτής αντιστοιχεί πληροφορίες με οντότητες και πραγματοποιεί την κατηγοριοποίηση. Έπειτα, τα δεδομένα για τις θέσεις εργασίας αποθηκεύονται σε μια προσχεδιασμένη μορφή. Ο αναλυτής του προφίλ κάνει προτάσεις οποτεδήποτε οι χρήστες μεταβάλλουν την ομάδα των αγαπημένων, συγκρίνοντας τις διαφορές με τις διαθέσιμες ανοιχτές θέσεις εργασίας. Τέλος, ο αναλυτής προτιμήσεων εξάγει τις ρητά καθορισμένες προτιμήσεις του χρήστη και παρέχει προτάσεις για τις προτιμητέες θέσεις εργασίας, μετά από τον υπολογισμό της ομοιότητας των θέσεων εργασίας με τις προτιμήσεις του χρήστη (**Lee & Brusilovsky, 2007**).

Οι Hong et al. πρότειναν ένα *Σύστημα Σύστασης Εργασίας* βασισμένο στο δυναμικό προφίλ του χρήστη. Για να αντιμετωπίσουν την πρόκληση, ότι οι

αιτούντες εργασία δεν ενημερώνουν το προφίλ τους σε τακτά χρονικά διαστήματα, ακολούθησαν μια προσέγγιση σύμφωνα με την οποία ανανεώνουν και επεκτείνουν το προφίλ του χρήστη με δυναμικό τρόπο βασιζόμενοι στο ιστορικό των αιτήσεων του για θέσεις εργασίας, καθώς και στην γενικότερη συμπεριφορά του. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιούνται τα στατιστικά αποτελέσματα των βασικών χαρακτηριστικών των θέσεων εργασίας που έχει κάνει αίτηση ο χρήστης, με σκοπό την ανανέωση του προφίλ του. Επιπλέον, πραγματοποιείται επιλογή συγκεκριμένων χαρακτηριστικών από τις πληροφορίες που εμπεριέχονται στο κείμενο περιγραφής των θέσεων εργασίας, που έχει κάνει αίτηση ο χρήστης, με σκοπό την επέκταση των χαρακτηριστικών αυτών. Τέλος, χρησιμοποιείται ένας υβριδικός αλγόριθμος συστάσεων σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά του προφίλ του χρήστη, με σκοπό την επίτευξη της παραγωγής δυναμικών προτάσεων **(Hong et al., 2013 Apr)**.

Τα *Συστήματα Σύστασης* χρησιμοποιούνται ευρύτατα στο διαδίκτυο με σκοπό να βοηθήσουν τους πελάτες να εντοπίσουν τα προϊόντα ή τις υπηρεσίες που ταιριάζουν καλύτερα στις προσωπικές τους προτιμήσεις. Ενώ οι υπάρχουσες υλοποιήσεις περιορίζουν επιτυχώς την υπερφόρτωση πληροφοριών με το να παράγουν εξατομικευμένες προτάσεις κατά την αναζήτηση αντικειμένων, όπως για παράδειγμα βιβλίων ή ταινιών, τα υπάρχοντα συστήματα μέχρι στιγμής δεν έχουν επιλύσει πλήρως το πρόβλημα της αναζήτησης εξατομικευμένων υποκειμένων, όπως των υποψηφίων εργαζομένων για συγκεκριμένες θέσεις εργασίας. Η θεωρία αποδεικνύει ότι ένα καλό ταίριασμα μεταξύ ατόμων και θέσεων εργασίας απαιτεί την εξέταση και των προτιμήσεων του υπεύθυνου προσλήψεων, αλλά και των προτιμήσεων του υποψηφίου. Βασιζόμενοι στην απαίτηση αυτή για την μοντελοποίηση αμφίπλευρων αποφάσεων επιλογής, οι Malinowski et al. παρουσίασαν μια προσέγγιση που εφαρμόζει δύο ξεχωριστά *Συστήματα Σύστασης* με σκοπό την βελτίωση της διαδικασίας αντιστοίχισης ανθρώπων και θέσεων εργασίας **(Malinowski et al., 2006)**.

Αργότερα, οι Malinowski et al. αξιοποίησαν ένα εξελιγμένο σύστημα που υποστηρίζει την λήψη αποφάσεων για την δημιουργία ομάδων χρησιμοποιώντας την πιθανοτική υβριδική προσέγγιση που περιγράφηκε παραπάνω. Πιο

συγκεκριμένα, ενσωματώνουν έναν βαθμό εμπιστοσύνης στην προσέγγιση τους για την παραγωγή συστάσεων. Υποστηρίζουν ότι το σύστημα υποστήριξης της λήψης αποφάσεων για την δημιουργία ομάδων πρέπει να λαμβάνει υπόψη σχεσιακά χαρακτηριστικά, όπως είναι ο βαθμός εμπιστοσύνης, ώστε να καθορίσουν το ταίριασμα μεταξύ του υποψηφίου και των υπαρχόντων μελών της ομάδας (**Malinowski et al., 2008**).

Οι Guan et al. εφάρμοσαν την μέθοδο πολλαπλών ασαφών κριτηρίων για την εύρεση θέσεων εργασίας. Αποτελεί ένα μοντέλο που προσπαθεί να καθορίσει τα κατάλληλα χαρακτηριστικά προσωπικότητας και τις ειδικές δεξιότητες, μέσω στατιστικών στοιχείων και της αναλυτικής διαδικασίας ιεράρχησης. Η αναλυτική διαδικασία ιεραρχίας είναι μια πολλαπλών σκοπών μέθοδος λήψης αποφάσεων, η οποία μαζί με άλλα κριτήρια αξιολόγησης, εφαρμόζεται στην αβεβαιότητα που παρουσιάζουν τα ζητήματα λήψης αποφάσεων. Οι Guan et al. πραγματοποίησαν την μελέτη η οποία ξεκίνησε με ερωτηματολόγια και αξιολόγηση κριτηρίων. Έπειτα, η βαρύτητα των σχετικών παραγόντων καθορίστηκε με βάση την αναλυτική διαδικασία ιεραρχίας, και χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο πολλαπλών ασαφών κριτηρίων. Ο συγκεκριμένος αλγόριθμος βασίζεται σε τριγωνικούς ασαφείς αριθμούς και σε γλωσσολογικές μεταβλητές, οι οποίες χρησιμοποιούνται με σκοπό την αξιολόγηση της σπουδαιότητας και του βαθμού ικανοποίησης συγκεκριμένων κριτηρίων. Τέλος, υπολογίστηκαν οι βαθμολογίες των αιτούντων με βάση την περιεκτική αξιολόγηση, με σκοπό να υποστηρίξουν την εύρεση θέσεων εργασίας (**Guan et al., 2009**).

Ο Buettner σχεδίασε ένα *Σύστημα Σύστασης*, το οποίο αναζητά σε κοινωνικά δίκτυα μελλοντικούς υποψήφιους εργαζομένους. Σε αντίθεση με άλλες προσεγγίσεις που έχουν προταθεί στο παρελθόν, η συγκεκριμένη καλύπτει την συνολική αντιστοίχιση μεταξύ του ατόμου και του περιβάλλοντος ενός οργανισμού και με αυτόν τον τρόπο συμπεριλαμβάνει κρίσιμα κοινωνικά στοιχεία, όπως την δομή των ομάδων εργασίας και την κουλτούρα του οργανισμού. Με απλό τρόπο παρουσίασε την διαδικασία με την οποία τα δεδομένα, που εξάγονται από διαδικτυακά κοινωνικά δίκτυα, μπορούν να αξιοποιηθούν για να επιτευχθεί το ταίριασμα του ατόμου με το περιβάλλον του

οργανισμού. Λόγω του ότι το ταίριασμα αυτό υπολογίζεται με έναν σχετικά ακριβή τρόπο, η προτεινόμενη δομή επιτυγχάνει την παραγωγή συστάσεων υψηλότερης ποιότητας. Επιπλέον η συγκεκριμένη δομή επιτρέπει την καλύτερη κατανόηση του προβλήματος της αντιστοίχισης του ατόμου σε κάποιον οργανισμό (**Buettner, 2014**).

Οι Lu et al. ανέπτυξαν ένα υβριδικό σύστημα συστάσεων για ιστοσελίδες αναζήτησης εργασίας. Οι διάφορες λειτουργίες αλληλεπίδρασης που ενσωματώθηκαν στις ιστοσελίδες βοηθούν τους χρήστες να οργανώσουν τους πόρους τους και να εκφράσουν το ενδιαφέρον τους. Το υβριδικό σύστημα συστάσεων αξιοποιεί τα προφίλ των θέσεων εργασίας και των χρηστών, καθώς και τις ενέργειες που εκτελούνται από τους χρήστες με σκοπό την παραγωγή εξατομικευμένων συστάσεων υποψηφίων και θέσεων εργασίας. Τα δεδομένα που συλλέγονται από την ιστοσελίδα μοντελοποιούνται χρησιμοποιώντας ένα κατευθυνόμενο, σταθμισμένο και πολύ-σχεσιακό διάγραμμα και ο αλγόριθμος αξιολόγησης αξιοποιείται στην κατάταξη των αντικειμένων ανάλογα με την συνάφεια τους με τον εκάστοτε χρήστη (**Lu et al., 2013**).

Οι Farber et al. χρησιμοποιώντας μια πιθανοτική υβριδική προσέγγιση, εφήρμοσαν ένα *Σύστημα Σύστασης*, που αρχικά χρησιμοποιήθηκε με σκοπό την σύσταση αντικειμένων σε χρήστες, όπως ταινίες και βιβλία (**Farber et al., 2003**). Η προσέγγιση για την παροχή συστάσεων αξιοποιούσε δύο τεχνικές: φιλτράρισμα με βάση το περιεχόμενο και ταυτόχρονα *Συνεργατικό Φιλτράρισμα*. Αυτό βοήθησε σε κάποιο βαθμό στην αντιμετώπιση του προβλήματος των αραιών δεδομένων. Μια ακόμη τεχνική που εφήρμοσαν είναι το λανθάνων μοντέλο το οποίο έχει περιγραφεί από (**Hofmann και Puzicha, 1999**). Η συγκεκριμένη τεχνική αντιλαμβάνεται τις προσωπικές προτιμήσεις ως έναν συνδυασμό από παράγοντες προτιμήσεων. Σε μια βασική προσέγγιση συνεργατικού φιλτραρίσματος, εξετάζουμε κάθε τιμή των ζευγαριών χρήστη/αντικειμένου (x,y) , όπου x είναι ένα σύνολο χρηστών και y ένα σύνολο αντικειμένων. Το μοντέλο μπορεί στην συνέχεια να αναπαρασταθεί σαν μία μεταβλητή z η οποία σχετίζεται με κάθε τιμή του (x,y) , υποθέτοντας ότι τα x και y είναι ανεξάρτητα του z . Στην συνέχεια, οι παράμετροι του μοντέλου εκτιμώνται χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο μεγιστοποίησης της προσδοκίας. Το μοντέλο

αυτό παράγει έναν πίνακα αξιολόγησης, ο οποίος εκχωρεί υπολογισμένες τιμές στα προφίλ των υποψηφίων, οι οποίες εμπεριέχουν την πιθανότητα ο υπεύθυνος πρόσληψης x να αξιολογεί τον υποψήφιο y με την τιμή n . Όρισαν το $n = \{\text{«έχων τα προσόντα»}, \text{«μη έχων τα προσόντα»}\}$. Έπειτα, μετασχημάτισαν τον πίνακα αξιολόγησης αντικαθιστώντας την μεταβλητή y με μία μεταβλητή a για να αναπαραστήσουν τα χαρακτηριστικά που εξήχθησαν από τα βιογραφικά σημειώματα των υποψηφίων. Καθώς πολλά χαρακτηριστικά αντιστοιχούν σε πολλαπλά προφίλ, συναντούμε αρκετές φορές το χαρακτηριστικό a με διαφορετικές τιμές n . Στην πραγματικότητα, οι καταχωρήσεις του μετασχηματισμένου πίνακα δεν είναι ούτε 0 ούτε 1, αλλά λαμβάνουν τιμές στο διάστημα $[0,1]$ ανάλογα με την σχετική συχνότητα όπου η τιμή n εκχωρείται στο χαρακτηριστικό a από τον υπεύθυνο πρόσληψης x .

Ολοκληρώνοντας, οι Fazel-Zarandi και Fox προσπάθησαν να βελτιώσουν την διαδικασία αντιστοίχισης, παρέχοντας μια προσαρμοστική προσφορά θέσεων εργασίας, και ένα περιβάλλον εύρεσης. Συνδύασαν διαφορετικές στρατηγικές αντιστοίχισης σε μία υβριδική προσέγγιση για την αντιστοίχιση υποψηφίων και θέσεων εργασίας, χρησιμοποιώντας βασισμένες στην λογική και στην ομοιότητα τεχνικών αντιστοίχισης. Αρχικά, εφήρμοσαν ένα επαγωγικό μοντέλο με σκοπό να καθορίσουν την αντιστοίχιση μεταξύ ατόμων και θέσεων εργασίας, και στην συνέχεια χρησιμοποίησαν μία μέτρηση ομοιότητας για να κατατάξουν τους αιτούντες που παρουσίαζαν μερική ταύτιση (**Fazel-Zarandi & Fox, 2010**).

Εν κατακλείδι, αν και υπάρχουν πολλές διαφορετικές τεχνικές υλοποίησης των *Συστημάτων Σύστασης Εργασίας*, η καρδιά του προβλήματος, που αφορά στην πραγματοποίηση προβλέψεων με χρηστικότητα στο τελικό χρήστη, είναι μία συνεχής διαδικασία, που ωθεί τους ερευνητές σε νέα μονοπάτια. Τελική επιθυμητή κατάσταση, πιθανώς ουτοπική, είναι να ταυτιστεί η πρόβλεψη του συστήματος με την επιθυμία του χρήστη. Μέχρι τότε, η προσπάθεια των ερευνητών θα επικεντρώνεται, στο να πλησιάσει, την τελική επιθυμητή κατάσταση, όσο το δυνατόν περισσότερο.

2.4 Αναζήτηση Ομοιοτήτων και Συστήματα Σύστασης Εργασίας

Τα υπάρχοντα *Συστήματα Σύστασης Εργασίας* βασίζονται στην εύρεση ομοιοτήτων, μεταξύ μιας θέσης εργασίας και ενός υποψηφίου, προκειμένου να κάνουν προτάσεις (Al-Otaibi, et al., 2012). Αυτή η προσέγγιση, πολλές φορές, δεν είναι αποτελεσματική, διότι η έννοια της *ομοιότητας* δεν περικλείει πάντα και την έννοια της *καταλληλότητας*, που είναι ουσιαστικά το επιθυμητό τελικό προϊόν, του *Συστήματος Σύστασης Εργασίας* και που αποτυπώνεται στην παραγόμενη λίστα προτάσεων. Αυτή η έλλειψη προσανατολισμού στον υπολογισμό της *καταλληλότητας* του εργαζομένου για μια θέση εργασίας, καθιστά τις προτάσεις τους μη ικανοποιητικές.

Για να κατανοήσουμε το πρόβλημα της *αναζήτησης εργασίας/εργαζομένου*, παρουσιάζουμε ένα απλό παράδειγμα αντιστοίχισης υποψηφίων για μια θέση εργασίας. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα παρουσιάζουμε με τρόπο εύληπτο τις δυο βασικές προσεγγίσεις που επικρατούν στο χώρο. Εκείνη της εύρεσης ομοιοτήτων και εκείνη της δυαδικής αναπαράστασης των χαρακτηριστικών. Και οι δύο προσεγγίσεις ενσωματώνονται στο παρόν παράδειγμα, ώστε στα επόμενα κεφάλαια να αναδειχθεί η βελτίωση που παρέχεται μέσα από την νέα προσέγγιση της παρούσης διατριβής.

Το συγκεκριμένο παράδειγμα εφαρμόζει μια τεχνική συστάσεων βασισμένη στο περιεχόμενο και στη γνώση του τομέα, η οποία αξιοποιεί τα χαρακτηριστικά των θέσεων εργασίας αλλά και των υποψηφίων. Συγκεκριμένα εστιάζει στις μετρήσιμες ικανότητες που κατέχουν οι ανθρώπινοι πόροι. Όπως έχουμε αναφέρει προηγουμένως, στις βασισμένες στο περιεχόμενο προσεγγίσεις, είναι απαραίτητο να διαμορφωθεί ένα προφίλ για κάθε αντικείμενο, το οποίο στην ουσία αποτελεί ένα αρχείο που αναπαριστά όλα τα σημαντικά χαρακτηριστικά του συγκεκριμένου αντικειμένου. Το προφίλ του υποψηφίου αποτελείται από ορισμένα χαρακτηριστικά τα οποία απαιτούνται για μια συγκεκριμένη θέση εργασίας. Ομοίως, το προφίλ της θέσεως εργασίας

αποτελείται από προϋποθέσεις τις οποίες ο εκάστοτε υποψήφιος πρέπει να πληροί.

Η λειτουργία ενός *Συστήματος Σύστασης* είναι να ανακτήσει μια λίστα από υποψήφιους εργαζόμενους για μια νέα θέση εργασίας. Το συγκεκριμένο παράδειγμα υλοποιήθηκε χρησιμοποιώντας την περιγραφή μίας θέσεως εργασίας και μιας λίστας βιογραφικών σημειωμάτων πέντε υποψηφίων. Η περιγραφή της θέσεως εργασίας λήφθηκε από την ιστοσελίδα εύρεσης εργασίας *careerbuilder*²⁸ και τα βιογραφικά σημειώματα των υποψηφίων αποκτήθηκαν από την ιστοσελίδα *Business for Social Responsibility (BSR)*²⁹.

α) Τίτλος θέσης εργασίας

Διαχειριστής δικτύου υπολογιστών.

β) Περιγραφή θέσης εργασίας

Ο υποψήφιος εργαζόμενος θα παρακολουθεί, θα διαχειρίζεται και θα επιβλέπει το δίκτυο υπολογιστών ενός οργανισμού.

γ) Απαιτούμενα προσόντα

Πτυχίο μηχανικού λογισμικού, προγραμματισμού Η/Υ ή πληροφορικής και εμπειρία τεσσάρων ετών στον τομέα της πληροφορικής, ειδικά ως αναλυτής συστημάτων ή προγραμματιστής.

δ) Δεξιότητες

Γνώση της αγγλικής γλώσσας (1-περιορισμένη, 2-μέτρια, 3-άψογη) και δεξιότητες ανάπτυξης λογισμικού της Oracle.

Όπως προαναφέρθηκε, το πρώτο βήμα για να καθοριστεί η βέλτιστη ταύτιση μεταξύ των υποψηφίων και της περιγραφής της θέσης εργασίας, είναι η διαμόρφωση του προφίλ της θέσης και του υποψήφιου εργαζομένου. Στην συνέχεια, γίνεται εκτίμηση των παραμέτρων του μοντέλου δημιουργώντας έναν πίνακα αξιολόγησης $R(x,y)$ όπου το x αναπαριστά την θέση εργασίας και το y

²⁸ <https://www.careerbuilder.com/>

²⁹ <https://www.bsr.org/>

αναπαριστά τις δεξιότητες, αντλούμενες μέσα από τα βιογραφικά σημειώματα των υποψηφίων. Η R ορίζεται με τον ακόλουθο τρόπο:

$$R(x,y) = (1: \text{ΑΛΗΘΕΣ} = \text{"υπάρχει", εάν το εξεταζόμενο χαρακτηριστικό υπάρχει}),$$

$$(0: \text{ΑΝΑΛΗΘΕΣ} = \text{"δεν υπάρχει", εάν το εξεταζόμενο χαρακτηριστικό δεν υπάρχει}),$$

("value" , για ποσοτικά χαρακτηριστικά)

Ο πίνακας αξιολόγησης $R(x,y)$ σχηματίζεται θεωρώντας τις τιμές των χαρακτηριστικών των υποψηφίων, που εξάγονται από τα βιογραφικά σημειώματα. Αυτό σημαίνει ότι το προφίλ της θέσης εργασίας καθώς και τα προφίλ των υποψηφίων αναπαριστώνται σαν διανύσματα. Εφαρμόστηκαν τρεις διαφορετικές μετρήσεις στο συγκεκριμένο παράδειγμα: *Ομοιότητα Συνημίτονου*, *Ευκλείδεια απόσταση* και η *Μέτρηση Jaccard*.

Η θέση εργασίας βάσει των απαιτήσεων του εργοδότη και του πίνακα τιμών διαμορφώνεται στο ακόλουθο διάνυσμα [0 1 1 1 1 3 1], όπου κάθε στοιχείο αντιστοιχίζεται ως εξής:

- α) 0 → Δεν απαιτείται μεταπτυχιακό.
- β) 1 → Απαιτείται πτυχίο.
- γ) 1 → Αν υπάρχει οποιοδήποτε από τις εξής κατευθύνσεις: μηχανικού λογισμικού, προγραμματισμού Η/Υ ή πληροφορικής.
- δ) 1 → Εάν έχει εργαστεί στον τομέα της πληροφορικής.
- ε) 1 → Εάν ο υποψήφιος έχει εμπειρία μεγαλύτερη των 4 ετών.
- στ) 1-3 → για το επίπεδο των δεξιοτήτων στην αγγλική γλώσσα.
- ζ) 1 → Εάν ο υποψήφιος διαθέτει δεξιότητες ανάπτυξης λογισμικού της Oracle

Από την πλευρά των υποψηφίων εργαζομένων τα διανύσματα έχουν ως εξής:

➤ 1^{ος} υποψήφιος → [0 0 1 0 0 2 1]

- 2^{ος} υποψήφιος → [0 1 0 1 1 3 0]
- 3^{ος} υποψήφιος → [0 1 1 1 1 2 1]
- 4^{ος} υποψήφιος → [0 1 0 1 1 2 0]
- 5^{ος} υποψήφιος → [1 1 0 1 1 1 0]

Με βάση τα αποτελέσματα (**Πίνακας 1**) των τριών μετρήσεων ομοιότητας (*Ομοιότητα Συνημίτονου*, *Ευκλείδεια απόσταση* και *Μέτρηση Jaccard*) ο 3ος υποψήφιος ανταποκρίνεται καλύτερα στα προαπαιτούμενα της θέσης εργασίας, ακολουθούμενος από τον 2ο και τον 4ο υποψήφιο. Ο 1ος και ο 5ος υποψήφιος είναι οι λιγότερο κατάλληλοι υποψήφιοι για τις απαιτήσεις της θέσης εργασίας.

Ομοιότητα Συνημίτονου	Ευκλείδεια Απόσταση	Μέτρηση Jaccard
3ος υποψ. → 0.99	3ος υποψ. → 1.0	3ος υποψ. → 0.94
2ος υποψ. → 0.82	2ος υποψ. → 1.41	2ος υποψ. → 0.83
4ος υποψ. → 0.81	4ος υποψ. → 1.7	4ος υποψ. → 0.78
1ος υποψ. → 0.70	1ος υποψ. → 2.0	1ος υποψ. → 0.61
5ος υποψ. → 0.67	5ος υποψ. → 2.65	5ος υποψ. → 0.48

Πίνακας 1. Αποτελέσματα των τριών μετρήσεων ομοιότητας: Ομοιότητα Συνημίτονου, Ευκλείδεια απόσταση και Μέτρηση Jaccard

Τελικά εφαρμόζοντας την μέθοδο δυαδικής αναζήτησης για το συγκεκριμένο πρόβλημα, το σύστημα θα επιλέξει υποψήφιος οι οποίοι έχουν συγκεκριμένες λέξεις κλειδιά στο προφίλ τους, όμως θα αποτύχει να λάβει υπόψη το επίπεδο των ικανοτήτων τους σε συγκεκριμένες εργασίες. Δηλαδή, θα αγνοήσει την αξιολόγηση των δεξιοτήτων τους. Εάν συμπεριλάβουμε και το εύρος των τιμών στις μετρήσεις ομοιότητας, που αντιστοιχεί στην αναζήτηση υποψηφίου συγκεκριμένης δεξιότητας μπορούμε να προχωρήσουμε ένα βήμα παραπέρα από την δυαδική αναζήτηση, όμως και πάλι οι προτάσεις μας δεν θα είναι ακριβείς εφόσον θα εντοπίζουν τον όμοιο και όχι τον καταλληλότερο,

δηλαδή ένας υποψήφιος με περισσότερα προσόντα από τα ζητούμενα δεν θα προκριθεί καθώς θα θεωρείται ότι απομακρύνεται από την τιμή στόχο.







«Πάντα κατ' αριθμόν γίνονται»

Πυθαγόρας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Μαθηματική Διατύπωση του Προβλήματος Αναζήτησης Εργασίας-Εργαζομένου

3.1 Δομικά Στοιχεία Συστημάτων Σύστασης Εργασίας

Το πρόβλημα, που η παρούσα διατριβή πραγματεύεται και αφορά στο πεδίο έρευνας του τομέα *Διοίκησης Ανθρώπινων Πόρων*³⁰ και συγκεκριμένα του υποτομέα της *Επιλογής Εργαζομένων και Εργασιών*, απαιτεί μαθηματικό προσδιορισμό, προκειμένου να καθορισθούν με σαφήνεια και ακρίβεια τα όρια του πλαισίου της έρευνας. Η μεταφορά από την φιλολογική περιγραφή του προβλήματος στην μαθηματική του διατύπωση είναι ουσιαστικής και καταλυτικής σημασίας, όπως θα διαφανεί μέσα από την προτεινόμενη λύση της παρούσας διατριβής. Ο μαθηματικός ορισμός δίνει την δυνατότητα διαχωρισμού του προβλήματος σε τμήματα (*διαίρει*) και στη συνέχεια μια πιο αποτελεσματική αντιμετώπιση εκάστου εξ' αυτών (*βασίλευε*).

³⁰ Η *Διοίκηση Ανθρώπινων Πόρων* ή Διοίκηση Προσωπικού περιλαμβάνει την προσέλκυση, επιλογή, ανάπτυξη, αξιοποίηση και προσαρμογή των ανθρώπινων πόρων στον εργασιακό χώρο με σκοπό την αύξηση της εργασιακής τους ικανοποίησης και της αποτελεσματικότητας των επιχειρήσεων.

Τα υπάρχοντα *Συστήματα Σύστασης* που κυριαρχούν στο διαδίκτυο σε πραγματικού χρόνου (online) ή ενσωματωμένα σε μεμονωμένες, εκτός διαδικτύου (offline), πληροφοριακές εφαρμογές αποτελούνται από δύο βασικές οντότητες: τον *χρήστη* (user) και το αντικείμενο (item), με κύρια αποστολή να προτείνουν χρηστικά αντικείμενα στον χρήστη. Όπως αναφέρθηκε αναλυτικά και στην *εισαγωγή* ως παράδειγμα δίδεται το βιβλίο, το οποίο αποτελεί το *αντικείμενο* και ο *αγοραστής*, ο οποίος αποτελεί τον *χρήστη*. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα, το σύστημα προτείνει στον υποψήφιο αγοραστή κατάλληλα βιβλία, από ένα σύνολο πολλών βιβλίων, τα οποία ο υποψήφιος αγοραστής δεν δύναται να αξιολογήσει στο χρόνο που διαθέτει. Αυτή είναι η γενική προσέγγιση, τι συμβαίνει όμως με τα *Συστήματα Σύστασης Εργασίας*;

Η λειτουργία των συστημάτων αυτών εδράζεται στην βασική γενική δομή λειτουργίας των *Συστημάτων Σύστασης*, η οποία είναι: ο *χρήστης*, το *αντικείμενο* και η εύρεση του *καταλληλότερου* αντικειμένου για τον χρήστη. Παρόλα αυτά, η αναλυτική προσέγγιση και λεκτική περιγραφή του προβλήματος *αναζήτησης εργασίας-εργαζομένου* θα αναδείξει τις υπάρχουσες ιδιαιτερότητες και θα οδηγήσει στην μαθηματική αποτύπωση του. Συγκεκριμένα, θα ομαδοποιήσουμε και θα κατηγοριοποιήσουμε τα χαρακτηριστικά του υπό μελέτη προβλήματος και θα τα εισάγουμε σε έναν ορισμό αλγεβρικά πλαισιωμένο.

Το συμπαγές περίγραμμα που δημιουργεί ο μαθηματικός ορισμός, είναι απαραίτητο για την δόμηση του πλαισίου εργασίας, που προτείνεται και παρουσιάζεται στην παρούσα διατριβή. Επίσης, η ανωτέρω μαθηματική προσέγγιση κρίνεται ιδιαίτερα σημαντική και για οποιαδήποτε μελλοντική έρευνα αποπειραθεί στο εν λόγω ερευνητικό πεδίο.

3.2 Οι Οντότητες «Χρήστη» και «Αντικειμένου» - Είδη Σχέσεων

Τις προηγούμενες δεκαετίες διάφοροι όροι είχαν χρησιμοποιηθεί, τόσο από ερευνητές όσο και επαγγελματίες του χώρου *Διοίκησης Ανθρώπινων Πόρων*, για να αποδώσουν το περιεχόμενο του ερευνητικού πεδίου που πραγματευόμαστε. Ορισμένοι από τους όρους είναι: *Αναζήτηση Εργασίας και Πρόσληψη (Job Seeking and Recruiting)*, *Πρόσληψη για Εργασία (Job*

Recruiting), *Αντιστοίχιση Εργαζομένων και Εργασιών (Matching People and Jobs)*, *Πρόταση Εργασίας (Job Recommendation)*. Όλοι οι παραπάνω όροι, χωρίς να απομακρύνονται από την βασική δομή των *Συστημάτων Σύστασης*, προσπαθούν να προσδιορίσουν την σχέση μεταξύ του *χρήστη* και του *αντικείμενου*. Ποια σχέση όμως υπάρχει μεταξύ των δύο αυτών οντοτήτων; Τι ακριβώς ήθελαν να προσδιορίσουν με τους προαναφερθέντες τίτλους οι ειδικοί του χώρου αυτού;

Διαπιστώνουμε ότι, ανάλογα με την οπτική γωνία, ο *χρήστης* και το *αντικείμενο* αποκτούν διαφορετικό περιεχόμενο, που καθορίζει σε επόμενο χρόνο την εννοιολογική και τεχνική -εσωτερική- λειτουργία του συστήματος. Οπότε, η μία προσέγγιση αφορά στον *Αναζητητή Εργασίας (Job Seeker)*, ως *χρήστη* και στην *Εργασία (Job)*, ως *αντικείμενο* για πρόταση, δηλαδή το σύστημα θα προτείνει στον *Αναζητητή Εργασίας* κατάλληλες *Εργασίες*, από ένα σύνολο πολλών εργασιών, για να αξιολογήσει στον διαθέσιμο χρόνο του.

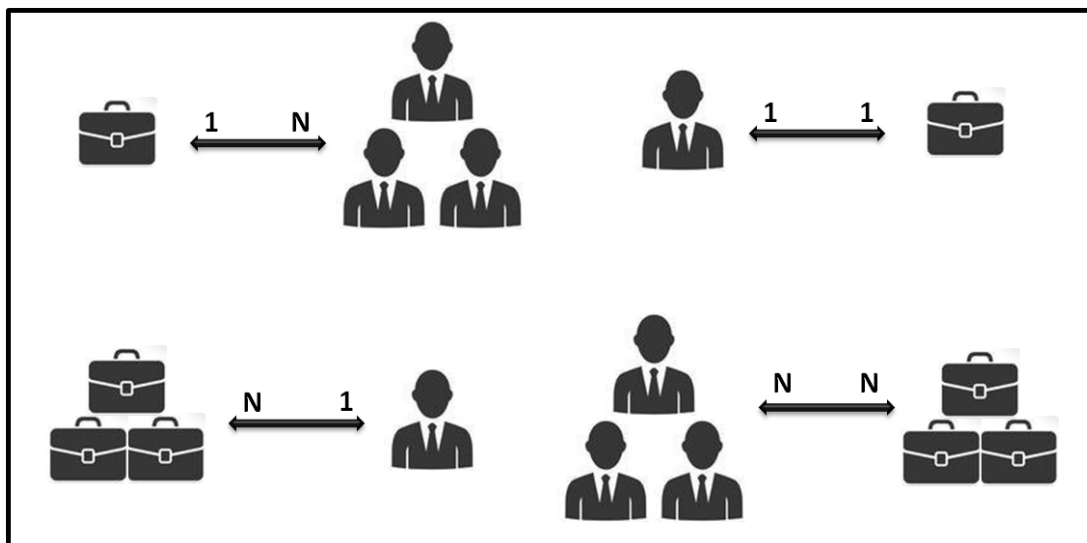
Η άλλη προσέγγιση αφορά στον *Εργοδότη (Recruiter)* ως *χρήστη* και στον *Υποψήφιο Εργαζόμενο (Candidate Employee)* ως *αντικείμενο* για πρόταση, δηλαδή το σύστημα θα προτείνει στον *Εργοδότη*, για μία συγκεκριμένη θέση εργασίας, κατάλληλους *Υποψήφιους Εργαζόμενους*, από ένα σύνολο πολλών *Υποψήφιων Εργαζόμενων*, για να αξιολογήσει στον διαθέσιμο χρόνο του.

Συγκεντρώνοντας τις προσεγγίσεις των προηγούμενων ερευνητών και ειδικών του συγκεκριμένου επιστημονικού τομέα, κατηγοριοποιούμε τις σχέσεις που περιγράψαμε, όπως παρακάτω:

α) Ένας *Αναζητητής Εργασίας* – Πολλές *Εργασίες* (1-N) και

β) Πολλοί *Υποψήφιοι Εργαζόμενοι* - Μία θέση *Εργασίας* (N-1).

Διευκρινίζεται στην ανωτέρω προσέγγιση, ότι το γράμμα *N*, αφορά στο πλήθος και είναι ένας φυσικός θετικός αριθμός \mathbb{N}^+ . Ενώ στην περίπτωση (β), ο *Εργοδότης* συσχετίζεται με την *Θέση Εργασίας* που επιθυμεί να καλύψει. Οπότε η μία *Θέση Εργασίας*, που προκηρύσσεται από τον *Εργοδότη*, καταχρηστικά θα μπορούσαμε να πούμε, χωρίς να υποπίπτουμε σε σφάλμα, ότι λαμβάνει το περιεχόμενο της έννοιας της οντότητας *Χρήστης*.



Εικόνα 6. Οι δυνατές σχέσεις μεταξύ των οντοτήτων του Χρήστη και του Αντικειμένου: Διακρίνουμε τέσσερις διαφορετικές σχέσεις μεταξύ των οντοτήτων Χρήστη και Αντικειμένου: Ένας Αναζητητής Εργασίας – Μία Θέση Εργασίας (1-1), Ένας Αναζητητής Εργασίας – Πολλές Θέσεις Εργασίας (1-N), Πολλοί Υποψήφιοι Εργαζόμενοι-Μία Θέση Εργασίας (N-1), Πολλές Θέσεις Εργασίας - Πολλοί Υποψήφιοι Εργαζόμενοι (N-N).

Πέρα από τις δυο παραπάνω σχέσεις των βασικών οντοτήτων *Εργασία-Εργοδότης* και *Υποψήφιος Εργαζόμενος-Αναζητητής Εργασίας*, υπάρχουν και δύο ακόμη περιπτώσεις σχέσεων, που ολοκληρώνουν όλο το πλαίσιο της επιστημονικής μελέτης του τομέα. Οι δύο νέες περιπτώσεις προκύπτουν μέσα από την θεωρητική αλλά και μαθηματική προσέγγιση. Εφόσον οι διακριτές οντότητες είναι δυο και η καθεμία διαφοροποιείται επιμέρους ως μοναδιαία (1) και ως πλήθος (N), προκύπτουν τέσσερις διακριτές επιλογές:

- α) Μία (1) εργασία
- β) Πολλές (N) Εργασίες
- γ) Ένας (1) Υποψήφιος Εργαζόμενος/Αναζητητής Εργασίας
- δ) Πολλοί (N) Υποψήφιοι Εργαζόμενοι/Αναζητητές Εργασίας

Επομένως, οι δυνατοί συνδυασμοί περιλαμβάνουν και τις σχέσεις 1 – 1 και N – N. Πρακτικά ο συνδυασμός 1 – 1, αφορά στην τετριμμένη περίπτωση όπου υπάρχει μία *Θέση Εργασίας* και ένας *Υποψήφιος Εργαζόμενος/Αναζητητής*

Εργασίας. Ενώ ο συνδυασμός $N - N$, αφορά στην περίπτωση, όπου υπάρχουν πολλές *Θέσεις Εργασίας* και πολλοί *Υποψήφιοι Εργαζόμενοι/Αναζητητές Εργασίας*.

Οι δύο τελευταίες περιπτώσεις σχέσεων είναι ιδιαίτερα σημαντικές, καθόσον αφενός διευρύνουν τα όρια τις έρευνας, αφετέρου καλύπτουν πλήρως το πεδίο. Έτσι λοιπόν, η σχέση $1 - 1$ αποτελεί τη βάση λειτουργίας, καθώς πάνω σε αυτή την περίπτωση ανάγονται όλες οι άλλες σχέσεις $1 - N$, $N - 1$, και $N - N$. Αντίστοιχα, η σχέση $N - N$, πέραν του ότι δομείται στην σχέση $1 - 1$, εμπεριέχει και ένα άλλο χαρακτηριστικό που δεν διαθέτουν οι άλλες σχέσεις και αφορά στην σειρά προτίμησης των Θέσεων Εργασίας. Αναλυτικά οι παρατηρήσεις επί των σχέσεων θα παρουσιαστούν σε επόμενη ενότητα καθόσον οι επιπλέον λεπτομέρειες δεν σχετίζονται με την μαθηματική διατύπωση που πραγματεύεται το παρόν κεφάλαιο.

3.3 Μαθηματικός Ορισμός του Προβλήματος Αναζήτησης Εργασίας-Εργαζομένου

Συνοψίζοντας (**Εικόνα 6**) τις σχέσεις έχουμε:

- α) Ένας *Αναζητητής Εργασίας* – Μία *Θέση Εργασίας* ($1 - 1$)
- β) Ένας *Αναζητητής Εργασίας* – Πολλές *Θέσεις Εργασίας* ($1 - N$)
- γ) Πολλοί *Υποψήφιοι Εργαζόμενοι* - Μία *Θέση Εργασίας* ($N - 1$)
- δ) Πολλές *Θέσεις Εργασίας* - Πολλοί *Υποψήφιοι Εργαζόμενοι* ($N - N$)

Η ανωτέρω κατηγοριοποίηση δύναται να περιγραφεί μέσω ενός αυστηρού ορισμού και να ενοποιηθεί κατ' επέκταση σε ένα μαθηματικό σχήμα, που θα περιλαμβάνει με συνεκτικό και δομημένο τρόπο το ανωτέρω σκεπτικό. Ο μαθηματικός ορισμός παρουσιάζεται παρακάτω:

«Έστω E είναι το σύνολο όλων των *Εργασιών* και A είναι το σύνολο όλων των *Αναζητητών Εργασίας-Υποψηφίων Εργαζομένων*, που δύναται να προταθούν. Έστω f είναι μια συνάρτηση, η οποία υπολογίζει την καταλληλότητα ενός *Αναζητητή Εργασίας-Υποψήφιου Εργαζομένου* $A_i, i \in \mathbb{N}^+$ για μία *Εργασία* $E_i, i \in \mathbb{N}^+$, τέτοια ώστε $f: ExA \rightarrow R$, όπου R είναι ένα ταξινομημένο σύνολο πραγματικών αριθμών. Για κάθε Εργασία $E_i, i \in \mathbb{N}^+$ αναζητούμε εκείνον τον *Αναζητητή Εργασίας/Υποψήφιο Εργαζόμενο* $A_i, i \in \mathbb{N}^+$, για τον οποίο η συνάρτηση f λαμβάνει την μέγιστη τιμή».

Ο ορισμός αποτελεί οδηγό στην παρούσα διατριβή και καθορίζει τα βήματα παρουσίασης της έρευνας. Σύμφωνα με την προσέγγιση αυτή, θα περιγραφεί στο επόμενο κεφάλαιο η εσωτερική δομή λειτουργίας του προτεινόμενου *Συστήματος Σύστασης Εργασίας* σε υψηλό επίπεδο.





«*Δῶς μοι πᾶ στῶ καὶ τὰν γᾶν κινάσω*»

Αρχιμήδης

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Αρχιτεκτονική Προτεινόμενου Συστήματος Σύστασης Εργασίας-Εργαζομένου με Δυνατότητα Εισαγωγής Περιορισμών

4.1 Γενικά Χαρακτηριστικά

Στο προηγούμενο κεφάλαιο περιγράψαμε το πρόβλημα της αναζήτησης εργασίας-εργαζομένου, κάνοντας εκτενής αναφορά στους δομικούς όρους του συστήματος και στην συνέχεια διατυπώσαμε μαθηματικά τον ορισμό ενός *Συστήματος Σύστασης Εργασίας*. Στο παρόν κεφάλαιο θα προχωρήσουμε στο επόμενο βήμα της έρευνάς μας, το οποίο αποτελεί την ενδιάμεση φάση, καθώς αποτυπώνει την τεχνική υλοποίηση σε υψηλό επίπεδο της αρχιτεκτονικής του προτεινόμενου *Συστήματος Σύστασης Εργασίας*. Η πλήρης τεχνική υλοποίηση σε χαμηλό επίπεδο, η οποία περιλαμβάνει τις οδηγίες εγκατάστασης του λογισμικού, τις οδηγίες χρήσης της εφαρμογής και τμήματα του λειτουργικού κώδικα, παρουσιάζεται αντίστοιχα σε τρία Παραρτήματα, στο τέλος της διατριβής.

Η σχεδίαση της αρχιτεκτονικής υψηλού επιπέδου σε ένα σύστημα είναι ιδιαίτερα σημαντική, καθόσον παρουσιάζει τα διαφορετικά τμήματα και τις λειτουργίες των τμημάτων του συστήματος σε ένα ενιαίο σχήμα, με ευκρινή και απλό τρόπο. Χωρίς το επίπεδο αυτό η τεχνική υλοποίηση καθίσταται δύσκολη και οι λεπτομέρειες χαμηλού επιπέδου «αποσπούν» την προσοχή από την συνολική λειτουργία του συστήματος, οδηγώντας το όλο εγχείρημα σε ένα φτωχό αποδοτικά αποτέλεσμα.

Εκτός από τις βασικές κατηγορίες που αναλυτικά παρουσιάσαμε 2ο Κεφάλαιο και επιγραμματικά είναι:

- α) Συστήματα Σύστασης Βασισμένα στο Συνεργατικό Φιλτράρισμα
- β) Συστήματα Σύστασης Βασισμένα στο Περιεχόμενο
- γ) Συστήματα Σύστασης Βασισμένα στη Γνώση
- δ) Δημογραφικά Συστήματα Σύστασης
- ε) Συστήματα Βασισμένα σε Κοινότητα
- στ) Υβριδικά Συστήματα

Μια ακόμη υπο-κατηγορία που κερδίζει συνεχώς έδαφος, σύμφωνα με τους Felfernig και Burke, είναι η κατηγορία *Συστημάτων Σύστασης Βασισμένη σε Περιορισμούς*³¹ (**Felfernig & Burke, 2008**). Στο προτεινόμενο *Σύστημα Σύστασης Εργασίας*, συνδυάστηκαν τα πλεονεκτήματα δύο κατηγοριών σε μία νέα ενιαία οντότητα. Η δυνατότητα συστάσεων βάσει του περιεχομένου και η δυνατότητα συστάσεων βάσει περιορισμών. Η δεύτερη δυνατότητα αποτελεί την καρδιά λειτουργίας του συστήματος μας, γι' αυτό και προκρίνεται η ονομασία *Σύστημα Σύστασης Εργασίας-Εργαζομένου Βασισμένο σε Περιορισμούς*³².

Σύμφωνα με την πρώτη δυνατότητα, που αφορά το *περιεχόμενο*, μέσα από το βιογραφικό σημείωμα του υποψήφιου εργαζόμενου εξάγονται οι δεξιότητες, ενώ από την περιγραφή της θέσης εργασίας από τον εργοδότη, εξάγονται αντίστοιχα τα προσόντα που πρέπει να διαθέτει ο εργαζόμενος για την

³¹ Αγγλ. *Constrain-Based Recommendation System*

³² Αγγλ. *Constrain-Based Job Recommendation System*

θέση εργασίας. Με την ενσωμάτωση μόνο των ανωτέρω στοιχείων το σύστημα καθίσταται περιοριστικό και μη ρεαλιστικό. Η δυνατότητα εισαγωγής περιορισμών από την πλευρά είτε του υποψήφιου εργαζομένου είτε του εργοδότη, καθίσταται αναγκαία ώστε να προκύψει ένα σύστημα ευέλικτο και όσον το δυνατό πιο κοντά στις πραγματικές συνθήκες τις συγκεκριμένης διαδικασίας.

Ο προτεινόμενος αλγόριθμος, ο οποίος αναλυτικά παρουσιάζεται στο 5ο Κεφάλαιο, παράγει τις επιλογές πρότασης και έχει την δυνατότητα να υπολογίζει τον καταλληλότερο εργαζόμενο για μια θέση εργασίας, λαμβάνοντας υπόψη του περιορισμούς που έχει ο ενδιαφερόμενος χρήστης, ήτοι ο εργαζόμενος ή ο εργοδότης. Η ανωτέρω δυνατότητα ενσωμάτωσης περιορισμών στην προτεινόμενη αρχιτεκτονική δεν είναι δεσμευτική, δηλαδή η σχεδίαση όπως προαναφέρθηκε λειτουργεί σε υψηλό επίπεδο και επομένως δεν επηρεάζεται από τις διαφορετικές υλοποιήσεις που τυχόν θα εφαρμοστούν.

4.2 Σχεδιασμός Αρχιτεκτονικής

Τα *Συστήματα Σύστασης* που βασίζονται στο περιεχόμενο για να κάνουν συστάσεις, χρειάζονται κατάλληλες τεχνικές για την αναπαράσταση των αντικειμένων αλλά και των χρηστών. Επίσης, απαιτούνται στρατηγικές για την σύγκριση του προφίλ των χρηστών με τα αντικείμενα. Στην περίπτωση των *Συστημάτων Σύστασης Εργασίας-Εργαζομένου*, ανάλογα με την οπτική γωνία, ο *χρήστης* και το *αντικείμενο* αποκτούν διαφορετικό περιεχόμενο, που καθορίζει την εννοιολογική και τεχνική λειτουργία του συστήματος. Μία οπτική θεωρεί τον *Αναζητητή Εργασίας (Job Seeker)* ως *χρήστη* και την *Εργασία (Job)* ως *αντικείμενο* για πρόταση. Η άλλη οπτική θεωρεί τον *Εργοδότη (Recruiter)* ως *χρήστη* και στον *Υποψήφιο Εργαζόμενο (Candidate Employee)* ως *αντικείμενο* για πρόταση.

Έχοντας υπόψη τα *Συστήματα Σύστασης* που βασίζονται στο περιεχόμενο και τα συστήματα που βασίζονται σε περιορισμούς, προτείνεται μια δομή αρχιτεκτονικής υψηλού επιπέδου που την συνθέτουν τρία ξεχωριστά τμήματα. Στα τμήματα αυτά, κατάλληλοι εσωτερικοί μηχανισμοί και διεργασίες,

που αναφέρονται ως *ολοκληρωμένες ενότητες*, υλοποιούν τις επιμέρους λειτουργίες. Τα τρία διακριτά τμήματα του προτεινόμενου *Συστήματος Σύστασης Εργασίας-Εργαζομένου* είναι

- α) Μοντελοποίηση
- β) Ενσωμάτωση Απαιτήσεων
- γ) Μηχανισμός Σύστασης

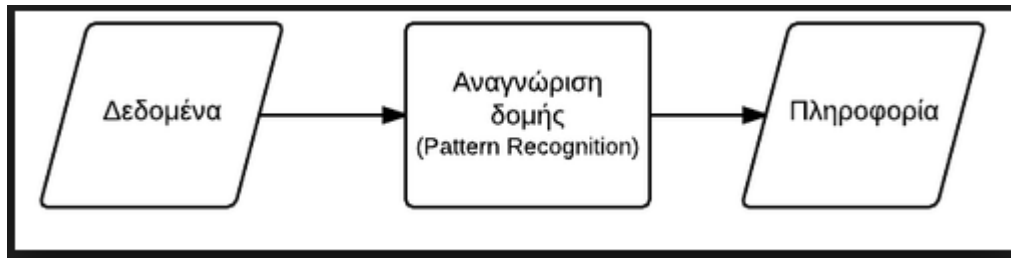
Στις παρακάτω παραγράφους περιγράφεται αναλυτικά κάθε τμήμα της προτεινόμενης αρχιτεκτονικής δομής, καθώς και η διαλειτουργικότητα μεταξύ των τμημάτων και των επιμέρους ενοτήτων (**Εικόνα 10**).

4.2.1 Μοντελοποίηση

Η *Μοντελοποίηση* είναι το πρώτο σκαλοπάτι και θα μπορούσαμε να το χαρακτηρίσουμε θεμέλιο λίθο της τεχνικής μας. Όσο καλύτερα αναπαραστήσουμε τις οντότητες μας, τόσο πιο ρεαλιστικά θα προσεγγίσουμε τη δομική περιγραφή του *εργαζομένου* και της *εργασίας*. Σε πολλές περιπτώσεις αντικειμένων η πληροφορία είναι αδόμητη, όπως το βιογραφικό σημείωμα ενός υποψήφιου εργαζομένου, οπότε απαιτείται κάποιου είδους προ-επεξεργασία για να εξορυχθούν δομημένες σχετικές πληροφορίες (**Εικόνα 7**).

Επομένως, η κύρια αποστολή της ενότητας αυτής είναι η αναπαράσταση του περιεχομένου των αδόμητων πηγών, π.χ. έγγραφα, ιστοσελίδες, νέα, περιγραφή προϊόντων, κ.α. σε μορφή κατάλληλη για τα επόμενα βήματα. Τα αδόμητα κείμενα αναλύονται από τεχνικές εξαγωγής χαρακτηριστικών, ώστε έννοιες ουσιαστικού ενδιαφέροντος αναπαρίστανται με δομημένο τρόπο, π.χ. με διανύσματα. Αυτή η αναπαράσταση αποτελεί την εισαγωγή στα υπόλοιπα τμήματα της αρχιτεκτονικής.

Κάθε τμήμα της αρχιτεκτονικής υψηλού επιπέδου λειτουργεί με τρόπο σειριακό ή/και κυκλικό στην παραγωγή του τελικού επιθυμητού αποτελέσματος, δηλαδή της πρότασης των καταλληλότερων εργασιών σε έναν εργαζόμενο ή της πρότασης των καταλληλότερων εργαζομένων σε ένα εργοδότη. Η *Μοντελοποί-*



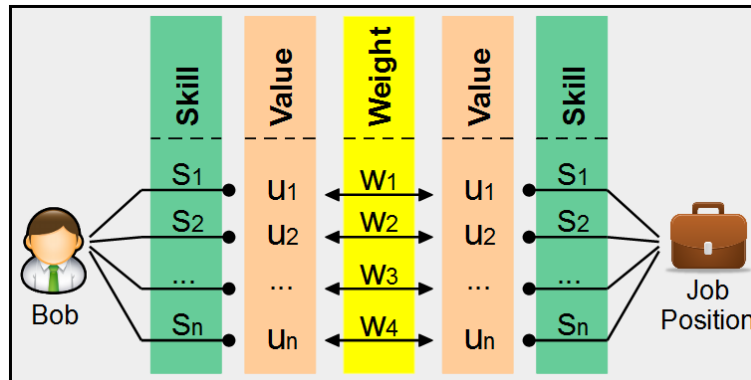
Εικόνα 7. Μοντελοποίηση Αδόμητης Πληροφορίας: Σε περιπτώσεις που η πληροφορία είναι αδόμητη όπως το βιογραφικό σημείωμα ενός υποψήφιου εργαζομένου, απαιτείται κάποιου είδους προ-επεξεργασία για να εξορυχτούν δομημένες σχετικές πληροφορίες.

ηση καθίσταται ιδιαίτερα σημαντική καθόσον, η λεπτομερής λειτουργική περιγραφή, θα προσδώσει την δυναμική στα επόμενα τμήματα, να λειτουργήσουν αποτελεσματικά προς την τελική λίστα συστάσεων. Η *Μοντελοποίηση* μπορεί να αποτελέσει και ένα καθαρά ξεχωριστό συστατικό ή μια ξεχωριστή λειτουργική ενότητα σε ένα σύστημα με συναφή αποστολή.

Αναλυτικά, στην περίπτωση μας, το τμήμα της Μοντελοποίησης έχει ως βασική αποστολή από την μία πλευρά να απεικονίσει τη θέση εργασίας, για την οποία ο εργοδότης αναζητά κατάλληλο εργαζόμενο και από την άλλη πλευρά τον εργαζόμενο ο οποίος αναζητά κατάλληλη εργασία για τον ίδιο. Ουσιαστικά, η απεικονιστική αποτύπωση αφορά, τις δύο κύριες οντότητες του συστήματος μας, που είναι η *Θέση Εργασίας* και ο *Εργαζόμενος*.

Η διαδικασία της απεικόνισης γίνεται μέσω ενός εύκολα διαχειρίσιμου σχήματος με μαθηματική βάση. Η δομημένη μορφή των οντοτήτων εξάγεται από το κείμενο των απαιτήσεων του εργοδότη και το βιογραφικό σημείωμα του εργαζομένου, λαμβάνοντας υπόψη τα παρακάτω δεδομένα:

- α) Τις απαιτήσεις της θέσης εργασίας, όπως διαμορφώνονται από τον εργοδότη,
- β) Τις τιμές των απαιτήσεων αυτών, βάσει ενός προσυμφωνημένου πίνακα μοριοδότησης.
- γ) Τα βάρη κάθε απαίτησης, που δηλώνουν τη σπουδαιότητα του συγκεκριμένου χαρακτηριστικού.



Εικόνα 8. Δομή μοντέλων Θέσης εργασίας και Εργαζόμενου: Η ίδια δομή των δυο βασικών οντοτήτων είναι απαραίτητη ώστε να είναι δυνατή η μεταξύ τους σύγκριση.

Κάθε οντότητα *Θέση Εργασίας* αναπαριστάται μέσω της δομημένης μορφής ενός πίνακα. Ο κρίσιμος στόχος αυτού του εξαρτήματος είναι να περιγράψει τη θέση εργασίας και τον υποψήφιο σε ένα διαχειρίσιμο σχήμα. Οι δύο βασικές οντότητες πρέπει να συνδεθούν μέσω μίας κοινής σχέσης και ενός κοινού σημείου επαφής. Τέλος, το μοντέλο υποψηφίου και το μοντέλο περιγραφής της θέσης εργασίας περιγράφονται με την ίδια δομή ώστε να γίνει δυνατή η μεταξύ τους συσχέτιση (**Εικόνα 8**).

4.2.2 Ενσωμάτωση Απαιτήσεων

Στο τμήμα *Ενσωμάτωση Απαιτήσεων* συλλέγονται τα δεδομένα που αναπαριστούν τις προτιμήσεις των χρηστών, ώστε να κατασκευαστεί το προφίλ τους. Συνήθως, η στρατηγική που ακολουθείται πραγματοποιείται μέσω τεχνικών, οι οποίες είναι ικανές να συμπεράνουν τα ενδιαφέροντα ενός χρήστη από την παρελθοντική του προτίμηση σε αντικείμενα (**Εικόνα 10**).

Μια ιστοσελίδα μπορεί να υλοποιήσει μια μέθοδο ανατροφοδότησης, στην οποία οι τεχνικές συνδυάζουν επιλογές θετικών και αρνητικών τιμών σε ένα διάγραμμα που αναπαριστά το προφίλ του χρήστη. Σε αυτήν ενότητα γίνεται η



Εικόνα 9. Μηχανισμός Πρότασης: Τα δεδομένα φιλτράρονται ώστε να παραχθεί το επιθυμητό τελικό προϊόν, οι εξατομικευμένες προτάσεις στον ενεργό χρήστη.

συλλογή των απαιτήσεων του υποψηφίου για κάποια θέση εργασίας και καταβάλλεται προσπάθεια ενσωμάτωσης των δεδομένων αυτών στο μοντέλο. Σκοπός είναι να κατασκευαστεί ένα τέτοιο μοντέλο που να μπορεί να αντικατοπτρίζει τον πραγματικό κόσμο.

Η στρατηγική ενσωμάτωσης υλοποιείται μέσω κατάλληλης διεπαφής, η οποία είναι ικανή να αποδώσει σε ένα μοντέλο μιας θέσης εργασίας ή ενός υποψηφίου μια συγκεκριμένη τιμή ή εύρος αυτών, για κάθε επιλεγμένο χαρακτηριστικό, που αφορά σε μία συγκεκριμένη δεξιότητα.

4.2.3 Μηχανισμός Πρότασης

Στο τμήμα αυτό χρησιμοποιούνται οι πληροφορίες από το προφίλ του χρήστη, ώστε να δημιουργηθούν οι συστάσεις σχετικών αντικειμένων, αντιστοιχίζοντας την αναπαράσταση του προφίλ με τα αντικείμενα προς σύσταση (**Εικόνα 9**).

Το αποτέλεσμα είναι μια τελική ή μια συνεχής κρίση της σχετικότητας των αντικειμένων, χρησιμοποιώντας κάποια μετρική συσχέτισης. Σαν αποτέλεσμα, παράγεται μια βαθμονομημένη λίστα με πιθανώς ενδιαφέροντα αντικείμενα. Γίνεται χρήση των απαιτήσεων του υποψηφίου ή του τμήματος

προσλήψεων μιας εταιρείας, βασιζόμενη στα κατασκευασμένα μοντέλα του προηγούμενου βήματος, για να προταθούν σχετικές θέσεις εργασίας ή σχετικοί υποψήφιοι.

Στην περίπτωση της συνεχής υπολογιστικής κρίσης της σχετικότητας των αντικειμένων, χρησιμοποιώντας εκ νέου μέτρα ομοιότητας, καταλήγουμε σε νέες ενημερωμένες λίστες που βρίσκονται πιο κοντά στα ενδιαφέροντα του χρήστη. Ο αλγόριθμος που προτείνουμε και ενσωματώνεται σε αυτό το τμήμα, παράγει πιο στοχευμένα αποτελέσματα, ικανοποιώντας κατά τροπό πιο ρεαλιστικό τις απαιτήσεις εργοδοτών και υποψήφιων εργαζομένων.

4.3 Η Ροή Δεδομένων στην Προτεινόμενη Αρχιτεκτονική

Το πρώτο βήμα της διαδικασίας σύστασης και κατ' επέκταση της προτεινόμενης αρχιτεκτονικής είναι αυτό που εκτελείται από την ενότητα της *Μοντελοποίησης*. Οι περιγραφές των αντικειμένων, που προέρχονται από διάφορες πηγές πληροφοριών, επεξεργάζονται από τον αναλυτή περιεχομένου, ο οποίος εξάγει χαρακτηριστικά, κάνοντας χρήση από λέξεις κλειδιά και τελικά το αδόμητο κείμενο μετατρέπεται σε μια δομημένη αναπαράσταση αντικειμένων.

Για να κατασκευάσουμε και να ενημερώσουμε το προφίλ του ενεργού χρήστη, θα πρέπει οι τιμές για κάθε αντικείμενο να συλλεχθούν και να καταγραφούν. Αυτές οι βαθμολογικές τιμές χρησιμοποιούνται, ώστε να γίνει η πρόβλεψη της σχετικότητας νέων αντικειμένων. Υπευθυνο γι' αυτή την λειτουργία είναι το τμήμα της *Ενσωμάτωσης Απαιτήσεων*.

Είναι δυνατό να διακρίνουμε δύο είδη ανατροφοδότησης κατά την *Ενσωμάτωση Απαιτήσεων*: τη θετική, δηλαδή συμπεράσματα από χαρακτηριστικά που αρέσουν στον χρήστη και την αρνητική, συμπεράσματα από χαρακτηριστικά που δεν άρεσαν. Αντίστοιχα, δύο διαφορετικές τεχνικές μπορούν να υιοθετηθούν για την καταγραφή της ανατροφοδότησης. Όταν το σύστημα απαιτεί από τον χρήστη να αξιολογήσει ρητά ένα αντικείμενο, έχουμε την τεχνική της *ρητής ανατροφοδότησης*. Αντίθετα, η τεχνική της *σιωπηρής ανατροφοδότησης* δεν απαιτεί ενεργή εμπλοκή του χρήστη, από την άποψη ότι η

αναπληροφόρηση εξάγεται από την παρακολούθηση και ανάλυση των ενεργειών του χρήστη. Θέματα ασφάλειας δεν εξετάζονται στην παρούσα διατριβή.

Από την πλευρά τους οι ρητές αξιολογήσεις υποδεικνύουν πόσο σχετικό ή ενδιαφέρον είναι ένα αντικείμενο στον χρήστη. Υπάρχουν τρεις βασικές προσεγγίσεις στην ρητή ανατροφοδότησης:

α) Μου αρέσει/Δεν μου αρέσει³³

Τα αντικείμενα χαρακτηρίζονται ως «σχετικά» ή «μη σχετικά» χρησιμοποιώντας ένα δυαδικό σύστημα βαθμολόγησης.

β) Βαθμολογία

Μία διακριτή αριθμητική κλίμακα χρησιμοποιείται συνήθως για να γίνει η κρίση των αντικειμένων. Εναλλακτικά, συμβολικές βαθμολογίες σχεδιάζονται πάνω σε μια αριθμητική κλίμακα, όπου οι χρήστες έχουν την δυνατότητα να βαθμολογήσουν μια ιστοσελίδα.

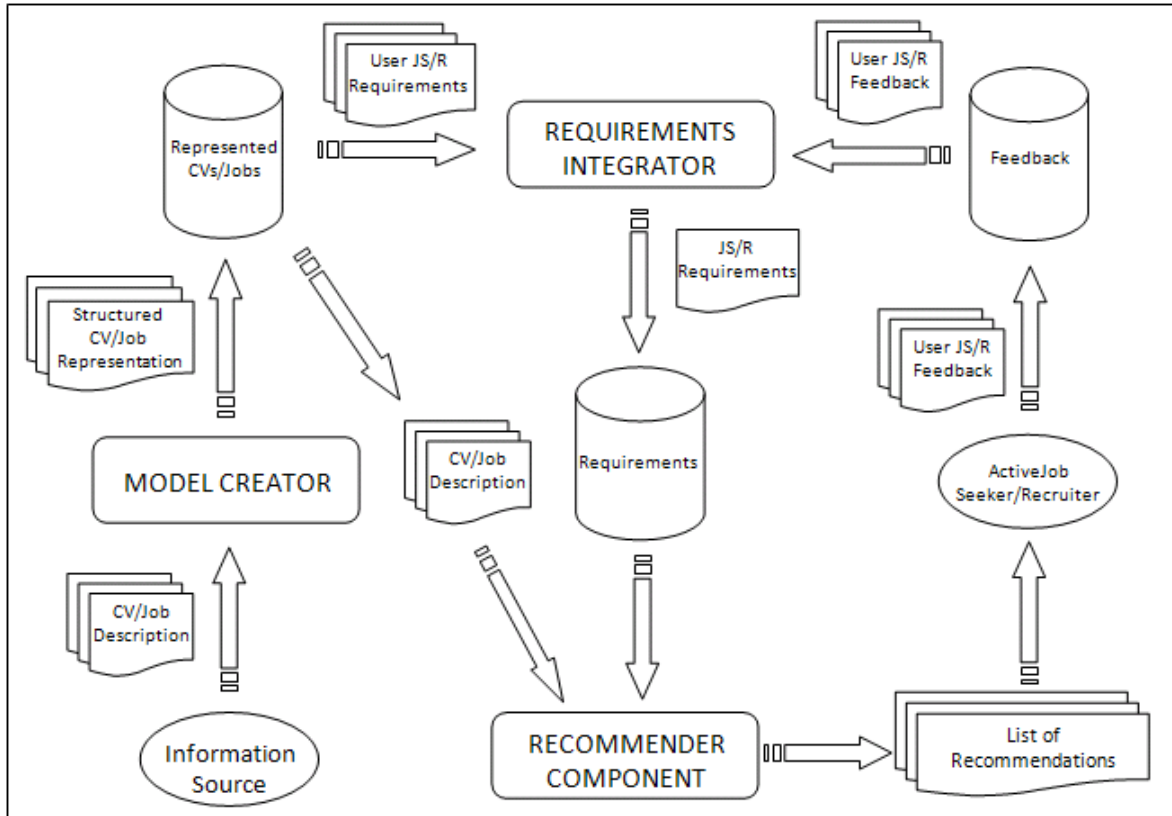
γ) Σχόλια κειμένου

Σχόλια σχετικά με τα αντικείμενα συλλέγονται και παρουσιάζονται στους χρήστες. Η ανατροφοδότηση αφορά αν ένα αντικείμενο θεωρείται καλή επιλογή. Τα σχόλια σε μορφή κειμένου είναι βοηθητικά, αλλά μπορούν να υπερφορτώσουν τον χρήστη με πληροφορίες, καθώς θα πρέπει να τα διαβάσει και να τα αξιολογήσει τα θετικά ή αρνητικά κατά υποκειμενικό τρόπο.

Στην συνέχεια, η ροή της πληροφορίας περνάει στην ενότητα του *Μηχανισμού Πρότασης*, που υλοποιεί διάφορες στρατηγικές για να ταξινομήσει τα πιθανώς ενδιαφέροντα αντικείμενα, σύμφωνα με την σχετικότητά τους στις προτιμήσεις που ορίζονται στο προφίλ του χρήστη. Οι κορυφαίες επιλογές αντικειμένων θα περιλαμβάνονται στην λίστα συστάσεων που παρουσιάζεται τελικά στον χρήστη.

Οι προτιμήσεις των χρηστών συνήθως αλλάζουν με την πάροδο του χρόνου, συνεπώς είναι πολύ σημαντική η διατήρηση ενημερωμένων βάσεων

³³ Αγγλ. Like/dislike



Εικόνα 10. Δομή αρχιτεκτονικής υψηλού επιπέδου: Αποτελείται από τρία ξεχωριστά τμήματα, στα οποία κατάλληλοι μηχανισμοί που περιγράφονται από ολοκληρωμένες ενότητες, υλοποιούν τις επιμέρους λειτουργίες. Τα τρία διακριτά τμήματα είναι: α) Μοντελοποίηση (Model Creator) β) Ενσωμάτωση Απαιτήσεων (Requirements Integrator) και γ) Μηχανισμός Πρότασης (Recommendation Component).

δεδομένων, όπου θα τροφοδοτούν το σύστημα, ώστε αυτό με την σειρά του να ενημερώνει αυτόματα το προφίλ του χρήστη. Αυτή η επανάληψη του κύκλου ανατροφοδότησης επιτρέπει στο σύστημα σε βάθος χρόνου να λαμβάνει υπόψη του την δυναμική φύση των προτιμήσεων των χρηστών και να βελτιώνει το παραγόμενο αποτέλεσμα (**Εικόνα 10**).

4.4 Πλεονεκτήματα Προτεινόμενης Αρχιτεκτονική

Η προτεινόμενη αρχιτεκτονική διαθέτει πλεονεκτήματα που κρίνεται σκόπιμο να αναφερθούν. Αρχικά, μπορούμε να παραλληλήσουμε την διαδικασία που ακολουθεί η προτεινόμενη αρχιτεκτονική με την αφηρημένη σχεδίαση ενός προγραμματιστή, ο οποίος επιλύει το πρόβλημα που έχει με την χρήση

ρουτινών. Οι ρουτίνες περιγράφουν -χωρίς να υλοποιούν- ένα μικρό τμήμα του προβλήματος. Στο τέλος ο προγραμματιστής δεν έχει πάρα να ασχοληθεί ξεχωριστά με την ανάπτυξη κάθε ρουτίνας, σαν ένα ανεξάρτητο μικρότερο πρόβλημα. Αυτή η προσέγγιση που ακολουθούμε είναι γνωστή και ως «διαίρει και βασίλευε». Απλουστεύει την τεχνική της υλοποίησης και την θωρακίζει από προγραμματιστικές αστοχίες.

Επίσης, όσον αφορά στην ανατροφοδότηση του συστήματος, η ρητή ανατροφοδότηση έχει το πλεονέκτημα της απλότητας. Η χρήση αριθμητικών και συμβολικών κλιμάκων αυξάνει το γνωστικό φορτίο του χρήστη, απλοποιεί όμως την έκφραση των απόψεων ενός χρήστη για τα αντικείμενα. Οι μέθοδοι της σιωπηρής ανατροφοδότησης, βασίζονται στην ανάθεση ενός σκορ σε ενέργειες των χρηστών σχετικά με ένα αντικείμενο, όπως η αναζήτηση, αποθήκευση, εκτύπωση, προσθήκη. Το βασικό τους πλεονέκτημα είναι ότι δεν απαιτούν άμεση εμπλοκή του χρήστη.

Τα παραπάνω καθιστούν την προτεινόμενη αρχιτεκτονική σχεδίαση σε υψηλό επίπεδο μία προσέγγιση ρεαλιστική, τεχνικά εφικτή και ουσιαστικά ευέλικτη στον πολυσύνθετο τομέα της αναζήτησης εργασίας.







«Αν μη πηλόν τύψης, κέραμος ου γίνεται»

Αρχύτας ο Ταραντίνος

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Αλγόριθμος Συστάσεων με Δυνατότητα Εισαγωγής Περιορισμών

5.1 Οι Τέσσερις Διαστάσεις Περιοριστικών Τιμών σε ένα Σύστημα Σύστασης Εργασίας-Εργαζομένου

Στα υπάρχοντα *Συστήματα Σύστασης*, η επιλογή του αλγόριθμου υπολογισμού ομοιοτήτων διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στην πρόταση που θα παρέχει το σύστημα. Όμως, εστιάζοντας στα *Συστήματα Σύστασης Εργασίας-Εργαζομένου* και σε συνέχεια της θεωρητικής μας τεκμηρίωσης επί του συγκεκριμένου ερευνητικού τομέα, παρατηρούμε την ανάγκη του εργοδότη ως χρήστη, για μία διαδικασία που θα ενσωματώνει την περιγραφή μίας θέσης εργασίας με έναν περισσότερο ακριβή τρόπο. Ο τρόπος αυτός θα πρέπει να δύναται να αντικατοπτρίσει τις ζητούμενες απαιτήσεις δεξιοτήτων του υποψήφιου εργαζόμενου, ρεαλιστικά και ευέλικτα. Με απλά λόγια, η διαδικασία αυτή θα πρέπει να μπορεί να δεχεται περιορισμούς.

Συγκεκριμένα, οι απαιτήσεις του εργοδότη, που αποτυπώνονται στην περιγραφή της θέσης εργασίας, αφορούν τέσσερις διακριτές περιπτώσεις επιλογών, οι οποίες μπορούν να εφαρμοστούν η κάθε μία μόνη της ή σε συνδυασμό μεταξύ τους, ακόμη και εντός της ίδιας δεξιότητας. Οι τέσσερις κατηγορίες επιλογών σχετίζονται με τις μετρήσιμες δεξιότητες της θέσης εργασίας και διαχωρίζονται με βάση το εύρος τιμών, που επιθυμεί ο εργοδότης, να έχει ένας υποψήφιος εργαζόμενος για μία συγκεκριμένη δεξιότητα.

Αναλυτικά, οι τέσσερις κατηγορίες επιλογών βάσει του εύρους των επιθυμητών τιμών είναι:

α) Ακριβής τιμή

Στην κατηγορία *ακριβούς τιμής* σημαίνει ότι ο εργοδότης επιθυμεί να διαθέτει ο υποψήφιος κάποιο συγκεκριμένο προσόν, όπως να είναι κάτοχος μεταπτυχιακού και μόνο.

β) Εύρος με κάτω όριο

Στην κατηγορία του *εύρους με κάτω όριο* σημαίνει ότι ο εργοδότης επιθυμεί να διαθέτει ο υποψήφιος κατ' ελάχιστον κάποιο προσόν, όπως να είναι τουλάχιστον κάτοχος μεταπτυχιακού.

γ) Εύρος με πάνω όριο

Στην κατηγορία του *εύρους με πάνω όριο* σημαίνει ότι ο εργοδότης επιθυμεί ο υποψήφιος να διαθέτει το πολύ κάποιο προσόν, όπως να είναι το πολύ κάτοχος μεταπτυχιακού.

δ) Εύρος με πάνω και κάτω όριο

Τέλος, στην κατηγορία του *εύρους με πάνω και κάτω όριο*, σημαίνει ότι ο εργοδότης επιθυμεί ο υποψήφιος να διαθέτει κάποιο προσόν εντός οριών, όπως να είναι τουλάχιστον κάτοχος πτυχίου και το πολύ μεταπτυχιακού.

Οι παραπάνω περιορισμοί ενσωματώνονται σε έναν αλγόριθμο, τον οποίο ονομάσαμε *Αλγόριθμος Σύστασης Τεσσάρων Διαστάσεων* και αναλυτικά παρουσιάζεται στην επόμενη παράγραφο.

5.2 Αλγόριθμος Σύστασης Τεσσάρων Διαστάσεων

5.2.1 Διάκριση Δομής Αλγόριθμου και Εφαρμοζόμενου Μέτρου Ομοιότητας

Ο Αλγόριθμος Σύστασης Τεσσάρων Διαστάσεων³⁴ παρουσιάστηκε σε παλαιότερες δημοσιεύσεις (**Almalis et al., 2014· 2015 Jul· 2015 Dec**), εφαρμόζοντας την απόσταση Minkowski (**Minkowski 1897**), ως μέτρο εύρεσης καταλληλότητας. Μέσω του αλγόριθμου αυτού είναι εφικτή η ποσοτικοποίηση της καταλληλότητας ενός υποψήφιου εργαζόμενου ή ενός ατόμου που αιτείται εργασία, λαμβάνοντας υπόψη τέσσερις διαφορετικές κατηγορίες μετρήσιμων ιδιοτήτων-δεξιοτήτων, οι οποίες εξαρτώνται από το πεδίο τιμών: ακριβής τιμή (*exact value - E*), εύρος με κατώτατο όριο (*lower limit - L*), εύρος με ανώτερο όριο (*upper limit - U*) και εύρος με κατώτερο και ανώτερο όριο (*lower and upper limit - LU*). Η εκτέλεση του αλγόριθμου παρέχει μια βαθμολογία που υποδεικνύει την καταλληλότητα κάθε υποψηφίου για μια συγκεκριμένη θέση και αυτό το βαθμολογικό αποτέλεσμα χρησιμοποιείται επίσης για να παράχθει μια ταξινομημένη λίστα των προτεινόμενων αντικειμένων, που είναι οι θέσεις εργασίας ή οι υποψήφιοι εργαζόμενοι.

Τα μέτρα ομοιότητας ή η απόσταση μεταξύ δύο αντικειμένων ή σημείων αποτελούν βασική προϋπόθεση σε αρκετούς τομείς της πληροφορικής όπως η εξόρυξη δεδομένων, η αναγνώριση προτύπων κ.λπ.. Η ομοιότητα μπορεί να υπολογιστεί χρησιμοποιώντας ένα από τα ακόλουθα μέτρα ομοιότητας ή μέτρα απόστασης: *Euclidean Distance*, *Squared Euclidean Distance*, *Normalized Squared Euclidean Distance*, *Manhattan Distance*, *Chessboard Distance*, *Bray Curtis Distance*, *Canberra Distance*, *Cosine Distance*, *Correlation Distance*, *Binary Distance*, *Time Warping Distance*. Κάθε μέτρο παράγει μια μοναδική μετρική που μπορεί ερμηνεύεται ανάλογα με τα χαρακτηριστικά, τις ιδιαιτερότητες και τους περιορισμούς των δεδομένων του τομέα.

³⁴ Αγγλ. **Four Dimensions Recommendation Algorithm- FoDRA**

Στην γενικευμένη μορφή του *Αλγόριθμου Σύστασης Τεσσάρων Διαστάσεων* επισημαίνουμε τα όρια μεταξύ της στρατηγικής του αλγορίθμου και της εύρεσης ομοιοτήτων. Αυτές οι δύο πλευρές συνεργάζονται και η κάθε μια έχει διαφορετική λειτουργικότητα. Θα μπορούσαμε να ορίσουμε τη δομή του *Αλγόριθμου* ως το *σώμα* και το μέτρο ομοιότητας που εφαρμόζεται ως κεφαλή του σώματος. Στην επόμενη παράγραφο προχωρούμε στην παρουσίαση του αλγόριθμου.

5.2.2 Ανάπτυξη του Αλγόριθμου Σύστασης Τεσσάρων Διαστάσεων

Θεωρούμε, ως ένα διάνυσμα J , μια συγκεκριμένη εργασία της μορφής $J = (j_1, j_2, \dots, j_n)$ με χαρακτηριστικά j_1, j_2, \dots, j_n , $n \in \mathbb{N}^+$ και κάθε χαρακτηριστικό να ανήκει σε έναν από τους τέσσερις αναφερόμενους τύπους: *ακριβής τιμή* (E), *εύρος με κατώτατο όριο* (L), *εύρος με ανώτερο όριο* (U) και *εύρος με κατώτερο και ανώτερο όριο* (LU). Επιπλέον, ορίζουμε το διάνυσμα $W = (w_1, w_2, \dots, w_n)$, $w_i \in [0, 1]$ όπου κάθε στοιχείο w_i είναι το βάρος του χαρακτηριστικού j_i $i \in \mathbb{N}^+$ του διανύσματος J . Επίσης ορίζουμε το διάνυσμα $C = (c_1, c_2, \dots, c_n)$ με τα χαρακτηριστικά c_1, c_2, \dots, c_n , $n \in \mathbb{N}^+$ να περιγράφει έναν υποψήφιο που θα συγκριθεί με την εργασία J (τα διανύσματα J και C , έχουν την ίδια δομημένη μορφή), προκειμένου να βρεθεί η καταλληλότητα του υποψηφίου εργαζόμενου C για τη δουλειά J . Ακολουθούμε τα επόμενα τρία βήματα, για να βρούμε την καταλληλότητα του υποψηφίου C για την εργασία J .

Βήμα 1

Κατασκευάζουμε τέσσερα διανύσματα J_x , $x = 1, 2, 3, 4$, όπου οι τιμές τους ανήκουν στο αρχικό σύνολο J των χαρακτηριστικών j_1, j_2, \dots, j_n της εργασίας J και η ταξινόμησή τους γίνεται βάσει του τύπου των χαρακτηριστικών τους. Εάν το E είναι το σύνολο των χαρακτηριστικών με ακριβή τιμή, L το σύνολο με το κατώτατο όριο, U το σύνολο με το ανώτερο όριο και το LU το σύνολο με το κατώτερο και το ανώτερο όριο, πρέπει να ισχύουν τα ακόλουθα:

- $E \cup L \cup U \cup LU = J$
- $E \subseteq J, L \subseteq J, U \subseteq J, LU \subseteq J$
- $E \cap L = \emptyset, E \cap U = \emptyset, E \cap LU = \emptyset, L \cap U = \emptyset, L \cap LU = \emptyset, U \cap LU = \emptyset$.

Βήμα 2

Περίπτωση 1 (Ακριβής τιμή)³⁵

Η καταλληλότητα S_E θα δοθεί από την μετρική:

$$S_E = - \left(\sum_{i=1}^n w_i |j_i - c_i|^p \right)^{\frac{1}{p}}, \quad p \in R^* \quad (1)$$

Περίπτωση 2 (Κάτω όριο)

Η καταλληλότητα S_L θα δοθεί από το άθροισμα των ακόλουθων δύο μετρικών S_{L+} και S_{L-} , όπου:

$$S_{L+} = + \left(\sum_{k=1}^n w_k |j_k - c_k|^p \right)^{1/p}, \quad p \in R^* \quad (2)$$

$$S_{L-} = - \left(\sum_{l=1}^n w_l |j_l - c_l|^p \right)^{1/p}, \quad p \in R^* \quad (3)$$

$$S_L = S_{L+} + S_{L-} \quad (4)$$

όπου $c_k \geq j_k$ (2), $c_l < j_l$ (3) και ($k \neq l$).

³⁵ Η μεταβλητή p , που εμφανίζεται στους τύπους που ακολουθούν, συμβολίζει τον δείκτη ομοιότητας. Για την Ευκλείδεια απόσταση έχουμε $p=2$, ενώ για την απόσταση Manhattan $p=1$.

Περίπτωση 3 (Άνω όριο)

Η καταλληλότητα S_U θα δοθεί από το άθροισμα των ακόλουθων δύο μετρικών S_{U+} και S_{U-} , όπου:

$$S_{U-} = - \left(\sum_{u=1}^n w_u |j_u - c_u|^p \right)^{1/p}, p \in R^* \quad (5)$$

$$S_{U+} = + \left(\sum_{v=1}^n w_v |j_v - c_v|^p \right)^{1/p}, p \in R^* \quad (6)$$

$$S_U = S_{U+} + S_{U-} \quad (7)$$

όπου $c_u \geq j_u$ (5), $c_v < j_v$ (6) και ($u \neq v$).

Περίπτωση 4 (Άνω και κάτω όριο)

Η καταλληλότητα S_{LU} θα δοθεί από την μετρική:

$$S_{LU} = - \left(\sum_{m=1}^n w_m |j_m - c_m|^p \right)^{\frac{1}{p}}, p \in R^* \quad (8)$$

όπου j_m είναι το κατω όριο αν $c_m \leq j_m$ και j_m είναι το πάνω όριο αν $c_m \geq j_m$ (για $j_{mMax} \leq c_m \leq j_{mMin}$ το $S_{LU} = 0$, καθώς η τιμή βρίσκεται στο επιθυμητό εύρος).

Βήμα 3

Συνολικά, η καταλληλότητα S_{CJ} του υποψηφίου C για την θέση εργασίας J ορίζεται με το ακόλουθο τρόπο:

$$S_{CJ} = S_E + S_L + S_U + S_{LU} \quad (9)$$

5.3 Παραδείγματα Εκτέλεσης του Αλγόριθμου

Προκειμένου να δοθεί μια περιεκτική μελέτη περιπτώσεων για την προσέγγισή μας, παρουσιάζουμε μια απλοποιημένη μορφή του προβλήματος της αντιστοίχισης των ατόμων και των θέσεων εργασίας.

Έστω $C\{\alpha, \beta\}$ είναι ένας τυχαίος υποψήφιος αναζητητής εργασίας, με δεξιότητες A και B και βαθμολογίες 2 και 3 αντίστοιχα, δηλαδή $C(2, 3)$. Επίσης, έστω τέσσερις θέσεις εργασίας $J_1\{4, 5\}$, $J_2\{1, 4\}$, $J_3\{5, 1\}$, $J_4\{[2 - 4], [4 - 6]\}$ που απαιτούν για στελέχωση εργαζόμενους με τις δεξιότητες A και B . Ο υποψήφιος και οι διαθέσιμες θέσεις εργασίας έχουν την ίδια δομημένη μορφή, ενώ η βαθμολογία ακολουθεί την ίδια βαθμωτή αντιστοίχιση.

Στην συνέχεια θεωρούμε ότι το βάρος κάθε δεξιότητας είναι $W_A = 1$, $W_B = 1$ και ότι η μεταβλητή ρ ισούται με 2, δηλαδή επιλέγουμε ως μέτρο υπολογισμού αποστάσεων την Ευκλείδεια Απόσταση. Επίσης στην εργασία J_1 ο εργοδότης επιθυμεί και οι δύο δεξιότητες να έχουν ακριβείς τιμές, στην εργασία J_2 και οι δύο δεξιότητες να έχουν κάτω όριο, στην εργασία J_3 η δεξιότητα A έχει άνω όριο και η δεξιότητα B να έχει ακριβή (συγκεκριμένη) τιμή. Τέλος, στην εργασία J_4 και οι δύο δεξιότητες να βρίσκονται εντός ένα εύρους με πάνω και κάτω όριο.

Στην συνέχεια, υπολογίζουμε τις αποστάσεις ανάμεσα στο σημείο $C\{\alpha, \beta\}$ και τα τέσσερα σημεία $J_1\{4, 5\}$, $J_2\{1, 4\}$, $J_3\{5, 1\}$, $J_4\{[2 - 4], [4 - 6]\}$ βασιζόμενοι στον *Αλγόριθμο Σύστασης Τεσσάρων Διαστάσεων*, κάτι που μεταφράζεται στο πρόβλημά μας ως η καταλληλότητα του υποψηφίου C για την θέση εργασίας $J_x, x = 1, 2, 3, 4$.

Διακρίνουμε τέσσερις ξεχωριστές περιπτώσεις. Σε κάθε περίπτωση, παρουσιάζουμε μία διαφορετική εργασία, τον ίδιο υποψήφιο και τους υπολογισμούς των βημάτων του αλγορίθμου. Στο τέλος τα αποτελέσματα δείχνουν την καταλληλότητα του υποψηφίου εργαζομένου για τη συγκεκριμένη εργασία. Οι περιπτώσεις είναι οι εξής:

Εργασία $J_1(4, 5)$ - Υποψήφιος: $C(2, 3)$

[Χαρακτηριστικό A: Ακριβής τιμή, Χαρακτηριστικό B: Ακριβής τιμή]

Βήμα 1 → υπολογίζουμε την μετρική $S_{J_1S} = -2,828$.

Εργασία: $J_2 (1, 4)$ - Υποψήφιος: $C (2, 3)$

[Χαρακτηριστικό A: κάτω όριο, Χαρακτηριστικό B: κάτω όριο]

Βήμα 1 → κατασκευάζουμε τα σημεία $S_1 (2, 4)$ και $S_2 (1, 3)$,

Βήμα 2 → υπολογίζουμε τις μετρικές $S_{J_2S_1} = 1$ και $S_{J_2S_2} = -1$,

Βήμα 3 → η τελική απόσταση είναι $S_{J_2S} = 0$.

Εργασία: $J_3 (5, 1)$ - Υποψήφιος: $C (2, 3)$

[Χαρακτηριστικό A: άνω όριο, Χαρακτηριστικό B: ακριβής τιμή]

Βήμα 1: κατασκευάζουμε τα σημεία $S_1 (2, 1)$ και $S_2 (5, 3)$,

Βήμα 2: υπολογίζουμε τις μετρικές $S_{J_3C_1} = 3$ και $S_{J_3C_2} = -2$,

Βήμα 3: η τελική απόσταση είναι $S_{J_3C} = 1$.

Εργασία: $J_4 \{ (2 - 4), (4 - 6) \}$ - Υποψήφιος: $C (2, 3)$

[Χαρακτηριστικό A: άνω και κάτω όριο, Χαρακτηριστικό B: άνω και κάτω όριο]

Βήμα 1: κατασκευάζουμε το σημείο $J_{4a} (2, 4)$,

Βήμα 2: υπολογίζουμε την μετρική $S_{J_{4a}S} = -1$.

Αναλύοντας τα αποτελέσματα του τελικού βήματος, σε κάθε περίπτωση συμπεραίνουμε ότι έχουμε μια πρωταρχική προσέγγιση της καταλληλότητας με ποσοτικό τρόπο. Έτσι, μπορούμε να υποθέσουμε ότι ο υποψήφιος δεν ικανοποιεί τις απαιτήσεις των εργασιών J_1 και J_4 , ενώ έχει περισσότερες ικανότητες από αυτές που απαιτούνται για την εργασία J_3 . Τέλος, έχει ακριβώς ίδιες ικανότητες με τις απαιτήσεις για την εργασία J_2 . Λεπτομερέστερη ανάλυση παρουσιάζεται στο Μέρος «Γ» της διατριβής, όπου γίνεται πειραματική αξιολόγηση της προτεινόμενης μεθόδου.



Εικόνα 11. Βασικά κριτήρια αλγορίθμου: Ο προτεινόμενος αλγόριθμος ως μια βηματική διαδικασία, διαθέτει συγκεκριμένα χαρακτηριστικά, είσοδο δεδομένων, έξοδο αποτελεσμάτων, καθοριστικότητα, περατότητα και αποτελεσματικότητα.

5.4 Αξιολόγηση Βάσει Γενικών Κριτηρίων Αλγορίθμων

Μια βηματική διαδικασία, σύμφωνα με τον Knuth, πρέπει να διαθέτει συγκεκριμένα χαρακτηριστικά, ώστε να μπορεί να θεωρηθεί *αλγόριθμος (Knuth, 1968)*. Τα χαρακτηριστικά αυτά είναι πέντε: *είσοδος δεδομένων, έξοδος αποτελεσμάτων, καθοριστικότητα, περατότητα και αποτελεσματικότητα* και όσον αφορά τον προτεινόμενο αλγόριθμο, ικανοποιούνται ως εξής (**Εικόνα 11**):

Είσοδος δεδομένων

Κατά τον Knuth, θα πρέπει καμία, μία ή περισσότερες τιμές δεδομένων, να δίνονται ως είσοδοι στον αλγόριθμο. Η περίπτωση που δεν δίνονται τιμές δεδομένων, εμφανίζεται όταν ο αλγόριθμος δημιουργεί και επεξεργάζεται κάποιες πρωτογενείς τιμές με τη βοήθεια συναρτήσεων παραγωγής τυχαίων αριθμών ή με τη βοήθεια άλλων απλών εντολών. Ο αλγόριθμός μας διαθέτει ως είσοδο δεδομένων: τις δεξιότητες των υποψηφίων εργαζομένων, τα χαρακτηριστικά των θέσεων εργασίας και τους περιορισμούς του εργοδότη. Όλα αυτά αναπαριστώνται με κατάλληλες δομές, ώστε να είναι διαχειρίσιμα.

Έξοδος αποτελεσμάτων

Ένας αλγόριθμος πρέπει να δημιουργεί τουλάχιστον μία τιμή δεδομένων ως αποτέλεσμα προς το χρήστη ή προς ένα άλλο αλγόριθμο. Ο αλγόριθμός μας δίδει τουλάχιστον ένα μέγεθος ως αποτέλεσμα, που εξαρτάται από τα δεδομένα εισόδου και είναι ένας πραγματικός αριθμός που χαρακτηρίζει την καταλληλότητα του υποψηφίου για την θέση εργασίας.

Καθοριστικότητα

Κάθε εντολή καθορίζεται χωρίς καμία αμφιβολία για τον τρόπο εκτέλεσής της. Τα βήματα του αλγόριθμου μας είναι μαθηματικά ορισμένα, εύληπτα και κατανοητά

Περατότητα

Κάθε εκτέλεση είναι πεπερασμένη, δηλαδή τελειώνει ύστερα από έναν πεπερασμένο αριθμό διεργασιών ή βημάτων. Μία διαδικασία που δεν τελειώνει μετά από πεπερασμένο αριθμό βημάτων λέγεται απλά υπολογιστική διαδικασία. Στην περίπτωση μας ο αλγόριθμος πάντοτε τερματίζει, αφού δεν δύναται να υπάρχει περίπτωση εγκλωβισμού σε ατέρμων βρόγχο.

Αποτελεσματικότητα

Από τον τρόπο που έχουμε διατυπώσει τον αλγόριθμο, βλέπουμε ότι είναι μηχανιστικά αποτελεσματικός, δηλαδή όλες οι διαδικασίες που περιλαμβάνει μπορούν να πραγματοποιηθούν με ακρίβεια και σε πεπερασμένο χρόνο "με μολύβι και χαρτί". Κάθε μεμονωμένη εντολή του αλγορίθμου είναι απλή και όχι σύνθετη, δηλαδή κάθε εντολή έχει ορισθεί θεωρητικά αλλά είναι και πρακτικά εκτελέσιμη.

Σε συνέχεια της θεωρητικής αξιολόγησης, στο Μέρος «Γ» που ακολουθεί, πραγματοποιείται πειραματικός έλεγχος και συγκριτική αξιολόγηση σε σχέση με την μέθοδο αναπαράστασης *δυναδικής τιμής* και εύρεσης ομοιοτήτων *ακριβούς τιμής*.



ΜΕΡΟΣ «Γ»
«ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ»





«Φύσις κρύπτεσθαι φιλεί»

Ηράκλειτος

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

Περιγραφή Πειραματικής Μεθόδου

6.1 Γενικά Στοιχεία

Προκειμένου να αξιολογηθεί η ποιότητα και η αποτελεσματικότητα της στρατηγικής που ακολουθεί ο αλγόριθμός μας, πραγματοποιήσαμε την παρακάτω πειραματική διαδικασία χρησιμοποιώντας πραγματικά δεδομένα που αντλήθηκαν από την ηλεκτρονική ιστοσελίδα Kaggle³⁶. Οι πληροφορίες κάθε εργασίας περιλαμβάνουν στοιχεία, όπως: ο τίτλος εργασίας, η περιγραφή της θέσης, οι απαιτήσεις και οι δεξιότητες. Αντίστοιχα, το προφίλ του υποψηφίου για τη θέση εργασίας αποτελείται από στοιχεία, όπως: το επίπεδο εκπαίδευσης, η εργασιακή εμπειρία, το ιστορικό εργασίας καθώς και προσωπικά στοιχεία.

Κατά την πειραματική διαδικασία εστιάσαμε σε μετρήσιμες δεξιότητες, ακολουθώντας τη μεθοδολογία ανάλυσης περιεχομένου, η οποία βασίζεται στην εξαγωγή ενός δομημένου μοντέλου από την αρχική αδόμητη μορφή της περιγραφής της εργασίας. Αυτό το μοντέλο αναπαριστά τις εργασίες με έναν

³⁶ www.kaggle.com/c/job-recommendation/data

εύχρηστο και ευέλικτο τρόπο, ο οποίος επιτρέπει στον αλγόριθμο μας να τις χειριστεί και να εξάγει τα κατάλληλα αποτελέσματα. Σημειώνεται ότι, στην υπό μελέτη περίπτωση δεν υφίστανται ποιοτικές δεξιότητες. Οι ποιοτικές δεξιότητες απαιτούν διαφορετική προσέγγιση, που η δυσκολία τους απόκειται στην κατάλληλη ποσοτική αναπαράσταση τους (**Jaeger, 2008; Oberski et al 2015**), ώστε ο αλγόριθμος εύρεσης καταλληλότητας να δύναται να τις διαχειριστεί. Το ανωτέρω πρόβλημα προτείνεται για μελλοντική έρευνα.

Στις επόμενες παραγράφους θα παρουσιάσουμε τα στάδια της μεθόδου που ακολουθήσαμε και τα οποία διακρίνονται στα εξής:

- α) Μοντελοποίηση Οντοτήτων
- β) Προσαρμογή Δεδομένων
- γ) Εκτέλεση Αλγορίθμου και Συγκριτικά Αποτελέσματα

6.2 Μοντελοποίηση Οντοτήτων

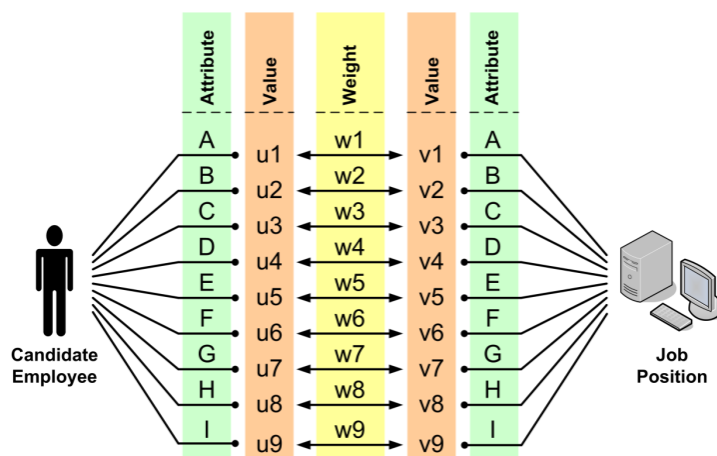
Το πρώτο στάδιο αφορά στην μοντελοποίηση των οντοτήτων, δηλαδή μια μαθηματική έκφραση του υποψήφιου εργαζόμενου και της θέσης εργασίας. Αναλυτικά η δομημένη μορφή της θέσης εργασίας περιγράφεται ως εξής:

α) Τα χαρακτηριστικά της θέσης εργασίας αντιπροσωπεύουν τις απαιτούμενες δεξιότητες που πρέπει να έχει ο υποψήφιος.

β) Οι τιμές των χαρακτηριστικών αντικατοπτρίζουν το επίπεδο κάθε δεξιότητας. Στην περίπτωση της εισαγωγής περιορισμών οι κατηγορίες έχουν τις ακόλουθες τέσσερις μορφές:

- 1) Ακριβής τιμή (E)
- 2) Εύρος με κατώτατο όριο (L)
- 3) Εύρος με ανώτερο όριο (U)
- 4) Εύρος με κατώτερο και ανώτερο όριο (LU)

γ) Τα βάρη των χαρακτηριστικών αντικατοπτρίζουν τη σπουδαιότητα κάθε δεξιότητας για τη συγκεκριμένη θέση εργασίας.



Εικόνα 12. Αντιστοιχία χαρακτηριστικών *Εργαζόμενου* και *Θέσης εργασίας*: Το προφίλ του υποψήφιου *Εργαζόμενου* παράγεται σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά που εξάγονται από το μοντέλο της *Θέσης εργασίας*

Το προφίλ του υποψήφιου εργαζόμενου θα πρέπει να έχει την ίδια ακριβώς δομή με τη θέση εργασίας, ώστε ο αλγόριθμος να είναι σε θέση να διεξάγει τη σύγκριση και να βρει την επιθυμητή καταλληλότητα. Βασικά, όπως έχουμε αναφέρει σε προηγούμενο κεφάλαιο, το προφίλ του υποψήφιου εργαζόμενου παράγεται σε αντιστοιχία με τα χαρακτηριστικά που εξάγονται από το μοντέλο της *Θέσης εργασίας*, χωρίς αυτό όμως να είναι δεσμευτικό (**Εικόνα 12**).

6.3 Προσαρμογή Δεδομένων

Σε συνέχεια της *Μοντελοποίησης Οντοτήτων* ακολουθεί η προσαρμογή των δεδομένων. Το δομημένο μοντέλο περιγράφει τη θέση εργασίας λαμβάνοντας υπόψη τα χαρακτηριστικά, τις τιμές και τα βάρη των χαρακτηριστικών. Στο παράδειγμά μας η θέση εργασίας αφορά προγραμματιστή Η/Υ και διακρίνουμε τις ακόλουθες τέσσερις δεξιότητες:

- α) Μορφωτικό Επίπεδο (S1)
- β) Γνώσεις Προγραμματισμού (S2)
- γ) Προηγούμενη Εργασιακή Εμπειρία (S3)

Απαιτούμενη Δεξιότητα	Βαθμολογικά Επίπεδα
(S1) - Μορφωτικό Επίπεδο	BSc → 10pts, MSc → 20pts, PhD → 30pts, Postdoc → 40pts
(S2) - Γνώσεις Προγραμματισμού	Junior → 5pts, Middle → 10pts, Senior-20pts, Specialist-40pts
(S3) - Εργασιακή Εμπειρία	2pts/έτος εμπειρίας
(S4) - Ηλικία	10pts(25-30) -2pts/έτος > 30 -1pt/έτος < 25

Πίνακας 2. Βαθμολογικός πίνακας απαιτούμενων δεξιοτήτων

δ) Ηλικία (S4)

Οι τιμές των δεξιοτήτων παράγονται με βάση έναν πίνακα βαθμολογίας (Πίνακας 2), προσαρμοσμένο στα πρότυπα μιας εταιρείας πληροφορικής.

Τα δεδομένα κατά την προσαρμογή μετασχηματίζονται σε μια κατάλληλη έκφραση, προκειμένου να δύναται να υποβληθούν σε επεξεργασία. Ένα διάνυσμα τεσσάρων διαστάσεων (μία διάσταση για κάθε χαρακτηριστικό), χρησιμοποιείται για την απεικόνιση της θέσεως εργασίας (J). Κάθε διάσταση του διανύσματος έχει μία τιμή (v_i) και ένα βάρος (w_i), που έχουν παραχθεί από τον πίνακα βαθμολογίας (Πίνακας 2), όπου $i = 1, 2, 3, 4$ και $p_i = v_i \times w_i$ είναι τα στοιχεία του $P = (p_1, p_2, p_3, p_4)$.

6.3.1 Οντότητα «Εργαζόμενος» και Προσαρμογή Δεδομένων

Αντίστοιχα, οι υποψήφιοι αναζητητές εργασίας αναπαριστώνται με ένα διάνυσμα τεσσάρων στοιχείων (S), όπου κάθε διάσταση του διανύσματος περιγράφει την αντίστοιχη δεξιότητα που απαιτεί η θέση εργασίας. Ο ίδιος

πίνακας βαθμολόγησης χρησιμοποιείται για την ποσοτικοποίηση των χαρακτηριστικών των υποψηφίων (s_i) όπου $i = 1, 2, 3, 4$. Τέλος, το αντίστοιχο διάνυσμα ορίζεται ως $S = (s_1, s_2, s_3, s_4)$.

Για παράδειγμα, ο υποψήφιος Νο13, έχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- α) Μορφωτικό Επίπεδο: *Μεταπτυχιακό (MSc)*
- β) Γνώσεις Προγραμματισμού: *Αρχάριος (Junior)*
- γ) Εργασιακή Εμπειρία: *4 χρόνια*
- δ) Ηλικία: *24 ετών*

Συνεπώς, το διάνυσμά που θα περιγράψει με μαθηματικό τρόπο τον εν λόγω υποψήφιο θα έχει την μορφή $S_{13} = (20, 5, 8, 9)$ (Πίνακας 3).

6.3.2 Οντότητα «Εργασία» και Προσαρμογή Δεδομένων Ακριβούς Τιμής

Με αντίστοιχο τρόπο περιγράφεται και η θέση εργασίας *ακριβούς τιμής*. Η μέθοδος της *ακριβούς τιμής* υποδηλώνει ότι προσδιορίζουμε μία θέση εργασίας κατά τρόπο σημειακό αναζητώντας εργαζόμενο που να είναι όσο το δυνατόν όμοιος με την σημειακή (ακριβή) απαίτηση.

Στη συνέχεια στον Πίνακα 4 βλέπουμε την ποσοτική περιγραφή της σχετικής θέσης εργασίας. Παρατηρούμε την προσθήκη ενός επιπλέον στοιχείου, εκείνου του βάρους, το οποίο υποδηλώνει τη σπουδαιότητα κάθε δεξιότητας/απαίτησης. Το βάρος ορίζεται κάθε φορά από την εταιρεία που κάνει τις προσλήψεις με αντίστοιχο τρόπο που ορίζεται και ο πίνακας βαθμολογίας των δεξιοτήτων (Πίνακας 2). Αναλυτικά οι απαιτήσεις του εργοδότη για τη θέση εργασίας είναι:

- α) Μορφωτικό Επίπεδο: *Πτυχίο (BSc) με βάρος «1»*
- β) Γνώσεις Προγραμματισμού: *Αρχάριος (Junior) με βάρος «1»*
- γ) Εργασιακή Εμπειρία: *3 χρόνια με βάρος «1»*

Υποψήφιος Νο13		
Απαιτούμενη Δεξιότητα	Επίπεδο Δεξιότητας	Βαθμολόγηση Δεξιότητας
(S1) - Μορφωτικό Επίπεδο	Μεταπτυχιακό (MSc)	20
(S2) - Γνώσεις Προγραμματισμού	Αρχάριος (Junior)	5
(S3) - Εργασιακή Εμπειρία	4 χρόνια	8
(S4) - Ηλικία	24 ετών	9

Πίνακας 3. Παράδειγμα Βαθμολόγησης Υποψηφίου

δ) Ηλικία: 25-30 ετών με βάρος «0.8»

Συνδυάζοντας τις τιμές του Πίνακα 2 και των ανωτέρω απαιτήσεων προκύπτει το διάνυσμα $J = (10, 5, 6, 8)$. Όπου κάθε στοιχείο του διανύσματος προέκυψε από το γινόμενο της τιμής του χαρακτηριστικού με το βάρος (Πίνακας 4).

6.3.3 Οντότητα «Εργασία» και Προσαρμογή Δεδομένων με Περιορισμούς

Σύμφωνα με την προσέγγισή μας, όπου η σύσταση εργασίας βασίζεται σε περιορισμούς, εκτός από τα χαρακτηριστικά της θέσης εργασίας, τις τιμές και τα βάρη των χαρακτηριστικών, έχουμε ένα επιπλέον στοιχείο. Οι τιμές των χαρακτηριστικών μπορούν να δεχθούν μία από τις παρακάτω περιοριστικές μορφές:

- α) Ακριβής τιμή (E)
- β) Εύρος με κάτω όριο (L)
- γ) Εύρος με άνω όριο (U)
- δ) Εύρος με άνω και κάτω όριο (LU)

Απαιτούμενη Δεξιότητα	Τιμή Δεξιότητας	Σπουδαιότητα Δεξιότητας	Τελική τιμή Δεξιότητας
Μορφωτικό Επίπεδο	10	1	10
Γνώσεις Προγραμματισμού	5	1	5
Εργασιακή Εμπειρία	6	1	6
Ηλικία	10	0.8	8

Πίνακας 4. Ποσοτική Περιγραφή Θέσης Εργασίας Ακριβούς Τιμής

Αναλυτικά οι απαιτήσεις του εργοδότη για την θέση εργασίας είναι:

- α) Μορφωτικό Επίπεδο: *Μεταπτυχιακό με «άνω όριο (U)» και με βάρος δεξιότητας «1».*
- β) Προγραμματιστικές Γνώσεις: *Μέσος με «ακριβής τιμή (E)» και με βάρος δεξιότητας «1».*
- γ) Εργασιακή Εμπειρία: *5 έτη εμπειρίας με «κάτω όριο (L)» και με βάρος δεξιότητας «1».*
- δ) Ηλικία: *Μεταξύ 25-30 ετών με «άνω και κάτω όριο (L U)» και με βάρος δεξιότητας «0,8».*

Συνδυάζοντας τις τιμές του Πίνακα 2 και των ανωτέρω απαιτήσεων προκύπτει το διάνυσμα $J = (10 U, 5 E, 6 L, 8 LU)$. Όπου κάθε στοιχείο του διανύσματος προέκυψε από το γινόμενο της τιμής του χαρακτηριστικού με το βάρος (Πίνακας 5). Δίπλα σε κάθε τιμή υπάρχει και η ένδειξη του είδους του περιορισμού.

6.4 Εκτέλεση Αλγορίθμου και Συγκριτική Αξιολόγηση

Στη συγκριτική αξιολόγηση παρουσιάζουμε τις διακριτές διαφορές της προσέγγισής μας και τις βελτιώσεις που προσφέρει στην διαδικασία συστάσεων. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιούμε μια υπάρχουσα τεχνική συστάσεων, την μέθοδο ακριβούς τιμής, η οποία ενσωματώνει και τη *δυναμική προσέγγιση* και

Απαιτούμενη Δεξιότητα	Τιμή (pts) Δεξιότητας	Σπουδαιότητα Δεξιότητας	Τελική τιμή Δεξιότητας
(S1) Μορφωτικό Επίπεδο	20 pts «άνω όριο (U)»	1	20 (U)
(S2) Γνώσεις Προγραμματισμού	10 pts «ακριβής τιμή (E)»	1	10 (E)»
(S3) Εργασιακή Εμπειρία	10 pts «κάτω όριο (L)»	1	10 (L)
(S4) Ηλικία	10 pts «άνω και κάτω όριο (LU)»	0.8	8 (LU)

Πίνακας 5. Ποσοτική Περιγραφή Θέσης Εργασίας με Περιορισμούς

συγκρίνουμε τα παραγόμενα αποτελέσματα με την προτεινόμενη τεχνική μας βασισμένη σε περιορισμούς. Ο στόχος και των δύο πειραμάτων είναι να προτείνει υποψήφιους εργαζομένους για μια θέση εργασίας, χρησιμοποιώντας πραγματικά δεδομένα, που είναι διαθέσιμα από ανοιχτές πηγές.

Οι διαφορετικοί αλγόριθμοι εκτελούνται για την θέση εργασίας και για 60 υποψηφίους που αναζητούν εργασία. Τα μέτρα ομοιότητας που χρησιμοποιούνται είναι οι αποστάσεις Manhattan και η Ευκλείδεια, ενώ και για τις δύο τεχνικές που ελέγχονται ανακτώνται οι πρώτες 10 επιλογές από την παραγόμενη ταξινομημένη λίστα, ώστε να αξιοποιηθούν στην συνέχεια.

Πριν παρουσιάσουμε τα αποτελέσματα κάθε τεχνικής, θα πρέπει να αναφέρουμε ότι η βασική διαφορά μεταξύ της *Ακριβούς-Λογικής Τιμής* και της *Σύστασης βασισμένης σε περιορισμούς* είναι η ερμηνεία των τιμών των χαρακτηριστικών που αντανακλούν το επίπεδο των δεξιοτήτων. Στην πρώτη περίπτωση οι τιμές των χαρακτηριστικών μπορούν να έχουν μόνο μια συγκεκριμένη-ακριβής τιμή, ενώ στην δεύτερη, οι τιμές μπορούν να έχουν μία από τις τέσσερις προαναφερθείσες μορφές: ακριβής τιμή (E), εύρος με κατώτατο όριο (L) ανώτατο όριο (U) και εύρος με τόσο κατώτερο όσο και με ανώτερο όριο (LU). Αυτοί οι τέσσερις τύποι εισαγωγής περιορισμών αποτελούν τη βάση της λειτουργίας του *Αλγόριθμου Σύστασης Τεσσάρων Διαστάσεων*.

Στο επόμενο κεφάλαιο θα παρουσιάσουμε αναλυτικά τα αποτελέσματα των πειραμάτων μας και για τις δύο προαναφερθείσες τεχνικές και θα διατυπώσουμε εν συνεχεία τα συμπεράσματα επί των αποτελεσμάτων.







«Η φύσις μηδέν μήτε ατελές ποιεί μήτε μάτην»

Αριστοτέλης

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

Πειραματική Διεξαγωγή και Συγκριτική Αξιολόγηση

7.1 Γενικά Στοιχεία Πειραματικής Διαδικασίας

Στο παρόν κεφάλαιο, παρουσιάζουμε τα πειραματικά αποτελέσματα της συγκριτικής αξιολόγησης που διεξαγάγαμε, προκειμένου να ελέγξουμε την αποτελεσματικότητα της προτεινόμενης διαδικασίας και συγκεκριμένα τον *Αλγόριθμο Συστάσεων Τεσσάρων Διαστάσεων*. Οι δύο μέθοδοι που συγκρίνονται είναι η μέθοδος *ακριβούς τιμής* και η προτεινόμενη μέθοδος *εισαγωγής περιορισμών*. Η πρώτη προσέγγιση εφαρμόζεται κατά βάση στα υπάρχοντα *Συστήματα Σύστασης*, ενώ η δεύτερη προτείνεται ως βελτιωμένη προσέγγιση, που επεκτείνει τις δυνατότητες της πρώτης.

Η δομή του κεφαλαίου θα ακολουθήσει τις τέσσερις περιπτώσεις σχέσεων που διακρίναμε στο 3ο Κεφάλαιο.

α) Ένας Αναζητητής Εργασίας – Μία Θέση Εργασίας (1 – 1)

β) Ένας Αναζητητής Εργασίας – Πολλές Θέσεις Εργασίας

(1 – N)

γ) Πολλοί Υποψήφιοι Εργαζόμενοι - Μία Θέση Εργασίας
($N - 1$)

δ) Πολλές Θέσεις Εργασίας - Πολλοί Υποψήφιοι Εργαζόμενοι
($N - N$)

Σε κάθε μία σχέση θα εφαρμόσουμε τις δύο μεθόδους, της ακριβούς τιμής και της εισαγωγής περιορισμών και θα συγκρίνουμε τα αποτελέσματα, ώστε να τεκμηριώσουμε την ευστοχία και προσαρμοστικότητα της προτεινομένης τεχνικής. Τονίζεται ότι το μέτρο ομοιότητας που εφαρμόζεται σε κάθε περίπτωση σχέσης και μεθόδου αντίστοιχα είναι η *Ευκλείδεια Απόσταση*.

7.2 Πειραματική Αξιολόγηση Σχέσης «1-1» Ένας Αναζητητής Εργασίας – Μία Θέση Εργασίας

Ο τύπος σχέσης «1-1» Ένας Αναζητητής Εργασίας – Μία Θέση Εργασίας, θεωρείται θεμελιώδης στην οικοδόμηση του προτεινόμενου πλαισίου Σύστασης Εργασίας. Αυτή η βασική περίπτωση είναι το κλειδί για την επίλυση πιο πολύπλοκων περιπτώσεων, όπως της σχέσης Πολλοί υποψήφιοι - Πολλές θέσεις εργασίας «N-N».

Έχοντας ποσοτικοποιήσει την σχέση «1-1», το παραγόμενο μέτρο είναι ένας αριθμός που μας δείχνει πόσο όμοιο ή κατάλληλο, ανάλογα με την εφαρμοζόμενη τεχνική, είναι ένα συγκεκριμένο άτομο για μια συγκεκριμένη θέση εργασίας. Ουσιαστικά, στην περίπτωση σχέσης «1-1» έχουμε μία και μοναδική εκτέλεση, είτε του μέτρου ομοιότητας, είτε του *Αλγόριθμου Συστάσεων Τεσσάρων Διαστάσεων*, προκειμένου να παραχθεί εκείνος ο πραγματικός αριθμός, που θα δηλώνει την ομοιότητα ή την καταλληλότητα. Εξετάζουμε παρακάτω την κάθε περίπτωση εφαρμοζόμενης μεθόδου χωριστά.

Μέθοδος Ακριβούς Τιμής

Έχουμε έναν υποψήφιο αναζητητή εργασίας C (α, β), με δεξιότητες A (*Προγραμματιστική Εμπειρία*) και B (*Ηλικία*) και βαθμολογίες 2 και 3 αντίστοιχα,

Οντότητες	Δεξιότητα Α (Προγραμματιστική Εμπειρία)		Δεξιότητα Β (Ηλικία)		Παραγόμενο Διάνυσμα
	Τιμή (Ακριβής τιμή)	Βάρος	Τιμή (Ακριβής τιμή)	Βάρος	
Εργασία J_1	4	1	4	1	$J_1 (4,5)$
Υποψήφιος C	2	1	3	1	$C (2,3)$
Ομοιότητα S_{J_1C}					+2,828

Πίνακας 6. Αποτελέσματα Σχέσης «1-1» και Μεθόδου Ακριβούς Τιμής

δηλαδή $C (2,3)$. Επίσης, έστω η θέση εργασίας $J_1 (4,5)$, που απαιτεί για στελέχωση εργαζόμενους με τις ίδιες δεξιότητες: A (Προγραμματιστική Εμπειρία) και B (Ηλικία) (Πίνακας 6).

Ο υποψήφιος και η διαθέσιμη θέση εργασίας έχουν την ίδια δομημένη μορφή, ενώ η βαθμολογία ακολουθεί την ίδια βαθμωτή αντιστοίχιση. Το βάρος κάθε δεξιότητας είναι $W_A = 1$ και $W_B = 1$ και επιλέγουμε ως μέτρο υπολογισμού αποστάσεων, όπως αναφέρθηκε, την *Ευκλείδεια Απόσταση*. Επίσης στην εργασία J_1 ο εργοδότης θεωρεί ότι και οι δύο δεξιότητες έχουν ακριβείς τιμές, καθώς δεν έχει δυνατότητα εισαγωγής περιορισμών.

Στην συνέχεια υπολογίζουμε την απόσταση S_{J_1C} του υποψηφίου $C(2,3)$ με την θέση εργασίας $J_1 (4,5)$. Αυτή η απόσταση μεταφράζεται στο πρόβλημά μας ως η ομοιότητα (ή ανομοιότητα) του υποψηφίου C για την θέση εργασίας J_1 . Το μέτρο της ομοιότητας (ή ανομοιότητα) είναι $S_{J_1C} = 2,828$ (Πίνακας 6).

Μέθοδος με Εισαγωγή Περιορισμών

Στην μέθοδο *Εισαγωγής Περιορισμών* εργαζόμαστε παρόμοια με την μέθοδο *ακριβούς τιμής*. Έχουμε έναν υποψήφιο αναζητητή εργασίας $C(\alpha, \beta)$ με δεξιότητες A (Προγραμματιστική Εμπειρία) και B (Ηλικία) και βαθμολογίες 2 και 3 αντίστοιχα, δηλαδή $C (2,3)$. Επίσης, έχουμε δύο θέσεις εργασίας $J_1 (4,5)$ και $J_2 (1,4)$, που απαιτούν για στελέχωση εργαζόμενους με τις δεξιότητες A (Προ-

Οντότητες	Δεξιότητα Α (Προγραμματιστική Εμπειρία)		Δεξιότητα Β (Ηλικία)		Παραγόμενο Διάνυσμα
	Τιμή (Ακριβής τιμή)	Βάρος	Τιμή (Ακριβής τιμή)	Βάρος	
Εργασία J_1	4	1	4	1	J_1 (4,5)
Υποψήφιος C	2	1	3	1	C (2,3)
Καταλληλότητα S_{J_1C}					- 2,828

Πίνακας 7. Αποτελέσματα Σχέσης 1-1 και Μεθόδου με Εισαγωγή Περιορισμών για Εργασία Νο1

Οντότητες	Δεξιότητα Α (Προγραμματιστική Εμπειρία)		Δεξιότητα Β (Ηλικία)		Παραγόμενο Διάνυσμα
	Τιμή (Κάτω όριο)	Βάρος	Τιμή (Κάτω όριο)	Βάρος	
Εργασία J_2	1	1	4	1	J_2 (1,5)
Υποψήφιος C	2	1	3	1	C (2,3)
Καταλληλότητα S_{J_2C}					0

Πίνακας 8. Αποτελέσματα Σχέσης 1-1 με την Μέθοδο Εισαγωγής Περιορισμών για Εργασία Νο2

γραμματιστική Εμπειρία) και B (Ηλικία). Ο υποψήφιος και οι διαθέσιμες θέσεις εργασίας έχουν την ίδια δομημένη μορφή, ενώ η βαθμολογία ακολουθεί την ίδια βαθμωτή αντιστοίχιση. Το βάρος κάθε δεξιότητας είναι $W_A = 1$ και $W_B = 1$ και επιλέγουμε ως μέτρο υπολογισμού αποστάσεων την *Ευκλείδεια Απόσταση*. Επίσης, στην εργασία J_1 ο εργοδότης επιθυμεί και οι δύο δεξιότητες να έχουν «ακριβείς τιμές», ενώ στην εργασία J_2 και οι δύο δεξιότητες να έχουν «κάτω όριο» (Πίνακας 7 & 8).

Στην συνέχεια υπολογίζουμε τις αποστάσεις ανάμεσα στο σημείο $C(2,3)$ και τα δύο σημεία $J_1(4,5)$, $J_2(1,4)$, βασιζόμενοι στον *Αλγόριθμο Συστάσεων Τεσσάρων Διαστάσεων*, κάτι που μεταφράζεται στο πρόβλημά μας

ως η καταλληλότητα του υποψηφίου C για τις θέσεις εργασίας $J_x, x = 1, 2$. Η καταλληλότητα είναι $S_{J_1C} = -2,828$ και $S_{J_2C} = 0$ αντίστοιχα (**Πίνακας 7 & 8**).

Σύγκριση Αποτελεσμάτων

Αναλύοντας τα αποτελέσματα του τελικού βήματος, σε κάθε περίπτωση συμπεραίνουμε, ότι έχουμε μια πρωταρχική προσέγγιση της καταλληλότητας με ποσοτικό τρόπο. Στην μέθοδο της *ακριβούς τιμής* το αποτέλεσμα είναι πάντα θετικό και δείχνει πόσο ανόμοιος είναι ο υποψήφιος σε σχέση με τη ζητούμενη θέση εργασίας. Στην μέθοδο με *εισαγωγή περιορισμών* το αποτέλεσμα μπορεί να είναι:

- α) **Θετικό**, δηλαδή ο υποψήφιος υπερκαλύπτει τις απαιτήσεις.
- β) **Μηδέν (0)**, δηλαδή ο υποψήφιος διαθέτει ακριβώς τις απαιτήσεις της θέσης εργασίας.
- γ) **Αρνητικό**, δηλαδή ο υποψήφιος δεν πληροί τις απαιτήσεις.

Από αυτή την αρχική συγκριτική ανάλυση εξάγονται τα πρώτα δύο βασικά συμπεράσματα. Εκείνο της *ευκαμψίας* του προτεινόμενου αλγορίθμου στην αποτύπωση των απαιτήσεων του εργοδότη για μια θέση εργασίας και η *παραστατικότητα* των αποτελεσμάτων (καλύπτει τις απαιτήσεις, δεν καλύπτει τις απαιτήσεις και πόσο) που χαρακτηρίζουν την καταλληλότητα ενός υποψηφίου για μια θέση εργασίας.

Η ακρίβεια και ευστοχία των αποτελεσμάτων δεν μπορεί να ελεγχθεί σε αυτή την περίπτωση της σχέσης «1-1». Αυτός ο έλεγχος θα πραγματοποιηθεί στις επόμενες περιπτώσεις σχέσεων, καθώς απαιτεί περισσότερους του ενός υποψηφίους ή περισσότερες της μιας θέσεις εργασίας.

7.3 Πειραματική Αξιολόγηση Σχέσης «1-N» Ένας Αναζητητής Εργασίας – Πολλές Θέσεις Εργασίας

Η περίπτωση σχέσης *Ένας Αναζητητής Εργασίας – Πολλές Θέσεις Εργασίας (1-N)* παρουσιάζει μία ιδιαιτερότητα. Ο υποψήφιος που αναζητά μια

θέση εργασίας ανήκει σε ένα συγκεκριμένο επιστημονικό τομέα, οπότε για να έχει νόημα η αναζήτηση, θα πρέπει και οι εργασίες να αφορούν τον ίδιο επιστημονικό τομέα. Είναι προφανές ότι αν ο υποψήφιος είναι του επιστημονικού τομέα π.χ. της *Νομικής* και οι θέσεις εργασίας αφορούν π.χ. τον *Ιατρικό Κλάδο*, εκ των πραγμάτων ο υποψήφιος δεν δύναται να επιλεγεί σε καμία ιατρική θέση εργασίας.

Οπότε, για να εκτελέσουμε την πειραματική μας αξιολόγηση, επιλέγουμε εργασίες από ένα συγκεκριμένο τομέα, ο οποίος είναι ο κλάδος της Πληροφορικής. Χωρίς να περιορίζουμε τις δυνατότητες της προτεινόμενης μεθόδου, θα μπορούσε να εφαρμοστεί και σε διαφορετικές εργασίες. Η προσέγγιση και ο έλεγχος διαφορετικών εργασιακών πεδίων μπορεί να γίνει σε ένα πιο «ανοιχτό» σύστημα, που να δέχεται δεδομένα από κάθε υποψήφιο εργαζόμενο και κάθε ζητούμενη εργασία, πλην όμως δεν αποτελεί αντικείμενο πειραματικής αξιολόγησης της παρούσας διατριβής.

Στη συνέχεια της αξιολόγησής μας επιλέξαμε 50 διαφορετικές εργασίες, όπως αναφέραμε, από τον κλάδο της Πληροφορικής: αναλυτής, τεχνικός, διαχειριστής δικτύου, σχεδιαστής συστημάτων, προγραμματιστής, τεχνική υποστήριξη κτλ) και προσδιορίσαμε 8 δεξιότητες: Μορφωτικό Επίπεδο (S_1), Προηγούμενη Εμπειρία (S_2), Ξένες Γλώσσες (S_3), Προγραμματιστικές Γνώσεις (S_4), Γνώσεις Δικτύων (S_5), Γνώσεις Τεχνικής Υποστήριξης (S_6), Γνώσεις Διαχείρισης Έργου (S_7) και Ηλικία (S_8).

Το άτομο που αναζητά εργασία αντιπροσωπεύεται με ένα διάνυσμα οκτώ (8) διαστάσεων $S = (s_1, s_2, \dots, s_8)$, όπου κάθε στοιχείο αντιστοιχίζεται σε μία δεξιότητα. Οι τιμές των δεξιοτήτων προκύπτουν από τον πίνακα βαθμολόγησης (**Πίνακα 2**). Αναλυτικά ο αναζητητής εργασίας με το αντίστοιχο επίπεδο της κάθε δεξιότητας και την τιμή που προέκυψε από τον πίνακα βαθμολόγησης, παρουσιάζεται στον **Πίνακα 9**. Το ίδιο διάνυσμα του αναζητητή εργασίας θα χρησιμοποιηθεί και στις δύο μεθόδους.

Από την πλευρά των θέσεων εργασίας χρησιμοποιείται ένα διάνυσμα οκτώ (8) διαστάσεων για κάθε εργασία (J_i) με $i = 1, 2, \dots, 8$. Κάθε στοιχείο του διανύσματος είναι $e_i = j_i \times w_i$, όπου (J_i) η τιμή της απαίτησης και (w_i) το βάρος

Δεξιότητα	Επίπεδο	Τιμή (pts)
Μορφωτικό Επίπεδο (S_1)	Μεταπτυχιακό	20
Προηγούμενη Εμπειρία (S_2)	6 χρόνια	12
Ξένες Γλώσσες (S_3)	Πολύ καλά	30
Προγραμματιστικές Γνώσεις (S_4)	Senior	20
Γνώσεις Δικτύων (S_5)	Junior	5
Γνώσεις Τεχνικής Υποστήριξης (S_6)	Middle	10
Γνώσεις Διαχείρισης Έργου (S_7)	-	0
Ηλικία (S_8)	25-30	10

Πίνακας 9. Ποσοτική Περιγραφή Δεξιοτήτων Υποψηφίου Σχέσης 1-N

που θέτει ο εργοδότης για την συγκεκριμένη απαίτηση. Στην περίπτωση μας το βάρος έχει τιμή ένα (1) για όλες τις δεξιότητες. Ανάλογα με την μέθοδο που θα εφαρμοστεί έχουμε διαφοροποίηση των διανυσμάτων που αναπαριστούν τις θέσεις εργασίας. Σε κάθε μέθοδο περιγράφεται με λεπτομέρεια η διαφοροποίηση και αφορά τη δυνατότητα ή μη εισαγωγής περιορισμών.

Μέθοδος Ακριβούς Τιμής

Στην μέθοδο ακριβούς τιμής ο εργοδότης καθορίζει τις απαιτήσεις της θέσης εργασίας σημειακά. Οπότε στον **Πίνακα 10** έχουμε ένα μέρος των θέσεων εργασίας με τις τιμές των δεξιοτήτων που πρέπει να έχει ο υποψήφιος. Ακολουθήθηκε η ίδια διαδικασία αντιστοίχισης των δεξιοτήτων υποψηφίου και εργασίας, όπως και στην περίπτωση σχέσης (1-1). Κατόπιν υπολογίζεται το μέτρο ομοιότητας και παράγεται μια ταξινομημένη λίστα, όπου οι πέντε (5) θέσεις εργασίας που είναι πιο όμοιες με τον εργαζόμενο ανακτώνται για να δοθούν ως σύσταση (**Πίνακας 11**). Η εύρεση της ομοιότητας γίνεται με την βοήθεια της *Ευκλείδους απόστασης*.

Δεξιότητα	Εργασία Νο5	Εργασία Νο11	Εργασία Νο14	Εργασία Νο22	Εργασία Νο35
S_1	10	20	10	10	10
S_2	6	10	10	4	4
S_3	10	20	20	10	10
S_4	20	10	10	20	20
S_5	10	10	5	10	0
S_6	20	20	20	10	10
S_7	0	0	0	0	10
S_8	10	10	10	10	10

Πίνακας 10. Ποσοτική Περιγραφή των 5 Επικρατέστερων Εργασιών στην Περίπτωση Σχέσης 1-N με την Μέθοδο Ακριβούς Τιμής

Εργασία	Τιμή Ομοιότητας	Απόφαση Υποψήφιου Εργαζόμενου
No 11	+18,1384	ΟΧΙ
No 14	+20,0998	ΟΧΙ
No 22	+24,2693	ΝΑΙ
No 05	+25,7099	ΟΧΙ
No 35	+26,2488	ΝΑΙ

Πίνακας 11. Αποτελέσματα Σχέσης 1-N με την Μέθοδο Ακριβούς Τιμής

Μέθοδος με Εισαγωγή Περιορισμών

Στην περίπτωση της μεθόδου *Εισαγωγής Περιορισμών* έχουμε τους τέσσερις τύπους: ακριβής τιμή (E), εύρος με κατώτατο όριο (L), εύρος με ανώτατο όριο (U) και εύρος με κατώτατο και ανώτατο όριο (LU), ώστε ο *Αλγόριθμος Συστάσεων Τεσσάρων Διαστάσεων* να υπολογίσει επιτυχώς την καταλληλότητα. Ο εργοδότης επιλέγει για κάθε απαίτηση της θέσης εργασίας τον περιορισμό που θεωρεί ως καταλληλότερο. Έχουμε τα παρακάτω στοιχεία:

- α) Μορφωτικό Επίπεδο (S_1) → ακριβής τιμή (E)

Δεξιότητα	Εργασία Νο8	Εργασία Νο19	Εργασία Νο31	Εργασία Νο39	Εργασία Νο44
$S_1 - (E)$	20	20	20	20	10
$S_2 - (L)$	10	12	8	8	6
$S_3 - (L)$	30	30	30	30	20
$S_4 - (L)$	10	20	20	20	10
$S_5 - (L)$	5	10	20	5	10
$S_6 - (L)$	0	10	0	10	5
$S_7 - (L)$	10	0	5	0	0
$S_8 - (LU)$	10	8	10	10	10

Πίνακας 12. Ποσοτική Περιγραφή των 5 Επικρατέστερων Εργασιών με την ένδειξη του περιορισμού

Εργασία	Τιμή Καταλληλότητας	Απόφαση Υποψήφιου Εργαζόμενου
No 44	+11,1555	ΝΑΙ
No 39	+7,0711	ΝΑΙ
No 08	+4,2829	ΝΑΙ
No 31	+0,7703	ΝΑΙ
No 19	-3,0000	ΟΧΙ

Πίνακας 13. Αποτελέσματα Σύστασης στην Σχέση 1-N με την Μέθοδο Εισαγωγής Περιορισμών

- β) Προηγούμενη Εμπειρία (S_2) → κατώτατο όριο (L)
- γ) Ξένες Γλώσσες (S_3) → κατώτατο όριο (L)
- δ) Προγραμματιστικές Γνώσεις (S_4) → κατώτατο όριο (L)
- ε) Γνώσεις Δικτύων (S_5) → κατώτατο όριο (L)
- στ) Γνώσεις Τεχνικής Υποστήριξης (S_6) → κατώτατο όριο (L)
- ζ) Γνώσεις Διαχείρισης Έργου (S_7) → κατώτατο όριο (L)
- η) Ηλικία (S_8) → κατώτατο και ανώτατο όριο (LU)

Στον **Πίνακα 12** αποτυπώνονται οι τιμές των πέντε επικρατέστερων εργασιών βάσει των απαιτήσεων του εργοδότη καθώς και ο περιορισμός που έχει θέσει σε κάθε δεξιότητα. Μετά την εκτέλεση παράγεται μια ταξινομημένη λίστα με τις θέσεις εργασίας για τις οποίες ο υποψήφιος εργαζόμενος είναι καταλληλότερος. Στον **Πίνακα 13** παρουσιάζονται οι 5 επικρατέστερες θέσεις, που αποτελούν και την μορφή συστάσεων.

Σύγκριση Αποτελεσμάτων

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα για την περίπτωση σχέσης *Ένας Αναζητητής Εργασίας – Πολλές Θέσεις Εργασίας (1-N)* διαπιστώνουμε αρχικά τη διαφορετικότητα των αποτελεσμάτων σύστασης. Η πρώτη μέθοδος της ακριβούς τιμής εντοπίζει το πόσο όμοιος (ή ανόμοιος) είναι ο υποψήφιος με μία θέση εργασίας, ενώ η δευτερη προτεινόμενη μέθοδος εντοπίζει πόσο κατάλληλος είναι ο υποψήφιος για μία θέση εργασίας. Η προτεινόμενη μέθοδος δεν καταργεί την τεχνική της ομοιότητας αλλά την επεκτείνει και σε άλλες διαστάσεις, όπως άνω όριο, κάτω όριο και κλειστο διάστημα. Ουσιαστικά η προσεγγιση μας ενσωματώνει την ομοιότητα ως μία από τις τέσσερις διαστάσεις και συνθέτει τον *Αλγόριθμο Σύστασης Τεσσάρων Διαστάσεων*.

Επίσης στην περίπτωση της σχέσης *Ένας Αναζητητής Εργασίας – Πολλές Θέσεις Εργασίας (1-N)*, η δυναμική του *Αλγόριθμου Σύστασης Τεσσάρων Διαστάσεων* αναπτύσσεται πλήρως όταν οι εργασίες αφορούν τον ίδιο επιστημονικό τομέα. Σε αντίθετη περίπτωση, όπου οι εργασίες είναι από διαφορετικά πεδία, τότε εξ' αρχής εξαιρούνται όλες οι θέσεις που δεν σχετίζονται με τον επιστημονικό κλάδο του υποψήφιου. Η εξαίρεση μπορεί να υλοποιηθεί και με ένα απλό ερώτημα SQL³⁷ στην βάση δεδομένων του συστήματος. Παρολ' αυτά δεν υφίσταται κανένας περιορισμός στην εφαρμογή της προτεινόμενης μεθόδου και σε δεδομένα μη συναφούς εργασιακού τομέα.

³⁷ Η SQL (Structured Query Language) είναι μία γλώσσα υπολογιστών, που σχεδιάστηκε για τη διαχείριση δεδομένων, σε ένα σύστημα διαχείρισης σχεσιακών βάσεων δεδομένων και η οποία, βασίστηκε στη σχεσιακή άλγεβρα.

Επιπλέον, σύμφωνα με την απόφαση του υποψήφιου εργαζόμενου (**Πίνακας 11, 13**) στην τελική λίστα προτάσεων, η πρώτη μέθοδο *ακριβούς τιμής* είχε ευστοχία 2 στις 5 εργασίες, δηλαδή (40%), ενώ η δεύτερη μέθοδος είχε ευστοχία 4 στις 5 εργασίες, δηλαδή (80%). Είναι εμφανής η διαφορά στην ευστοχία των αποτελεσμάτων μεταξύ των μεθόδων και αυτό οφείλεται κυρίως στην δυνατότητα καλύτερης προσαρμογής των προτιμήσεων του υποψήφιου στις απαιτήσεις των εργασιών. Η υλοποίηση της προσαρμοστικότητας επιτυγχάνεται μέσω της εισαγωγής περιορισμών.

Εν κατακλείδι επισημαίνεται η ευκαμψία, η προσαρμοστικότητα και η ευστοχία των αποτελεσμάτων βάσει των τεθέντων περιορισμών. Οι πέντε (5) προτεινόμενες εργασίες της μεθόδου *εισαγωγής περιορισμών* είναι εκείνες στις οποίες το άτομο που αναζητά εργασία, θα πρέπει αρχικά να απευθυνθεί, καθώς εμφανίζεται ως καταλληλότερο. Εάν δεν τον καλύπτει καμία από τις πρώτες πέντε, προχωράει στις επόμενες πέντε προτάσεις. Δηλαδή, το σύστημα δεν αποφασίζει για το υποψήφιο, αλλά τον βοηθάει στην διαδικασία της επιλογής του, προσφέροντας του *εξατομικευμένες και χρήσιμες* προτάσεις.

7.4 Πειραματική Αξιολόγηση Σχέσης «N-1» Πολλοί Υποψήφιοι Εργαζόμενοι - Μία Θέση Εργασίας

Η περίπτωση της σχέσης *Πολλοί Υποψήφιοι Εργαζόμενοι - Μία Θέση Εργασίας (N-1)* είναι η κλασική μορφή του προβλήματος μας. Οι εργοδότες, από τους οποίους ξεκίνησε το πρόβλημα της αναζήτησης κατάλληλου εργαζομένου, οδήγησαν τα πρώτα συστήματα σε αυτή την κατεύθυνση, καθώς το πλήθος των υποψηφίων αυξάνονταν δραματικά, μειώνοντας παράλληλα το ποσοστό αποτελεσματικών αναζητήσεων.

Σε κάθε περίπτωση εφαρμοζόμενης μεθόδου, η θέση εργασίας, ενώ ποσοτικοποιείται με τον ίδιο βαθμολογικό πίνακα (στην περίπτωση μας είναι ο **Πίνακας 2**), διαφοροποιείται στις απαιτήσεις των δεξιοτήτων από τον εργοδότη, λόγω ύπαρξης ή μη περιορισμών. Αναλυτικά η κάθε μέθοδος για τη σχέση

Δεξιότητα	Τιμή	Βάρος	Τελική τιμή (pts)
Μορφωτικό Επίπεδο	MSc (20pts)	1	20
Γνώσεις Προγραμματισμού	Middle programmer (10pts)	1	10
Εργασιακή Εμπειρία	5 έτη (10pts)	1	10
Ηλικία	25-30 ετών (10pts)	1	10

Πίνακας 14. Ποσοτική Περιγραφή Απαιτήσεων Θέσης Εργασίας στην Σχέση N-1 με την Μέθοδο της Ακριβούς Τιμής

ID Υποψηφίου	Τελική βαθμολογία	Κρίση Εργοδότη
No 16	0,0000	ΟΧΙ
No 39	+5,0000	ΝΑΙ
No 13	+5,4772	ΝΑΙ
No 14	+6,4031	ΝΑΙ
No 03	+6,7082	ΝΑΙ
No 53	+6,7082	ΝΑΙ
No 08	+7,8102	ΟΧΙ
No 38	+8,0623	ΟΧΙ
No 58	+9,2736	ΟΧΙ
No 59	+9,434	ΟΧΙ

Πίνακας 15. Αποτελέσματα Σύστασης στην Σχέση N-1 με την Μέθοδο Ακριβούς Τιμής

Πολλοί Υποψήφιοι Εργαζόμενοι - Μία Θέση Εργασίας (N-1) παρουσιάζεται παρακάτω.

Μέθοδος Ακριβούς Τιμής

Στην μέθοδο της ακριβούς τιμής η δομημένη μορφή της θέσεως εργασίας αποτελείται από τέσσερις ιδιότητες που έχουν σημειακή (ακριβής) τιμή και ακολουθούν τον βαθμολογικό **Πίνακα 2**. Οι δεξιότητες είναι:

ID Υποψηφίου	Μορφωτικό Επίπεδο	Γνώσεις Προγραμματισμού	Εργασιακή Εμπειρία	Ηλικία
No 03	20	5	8	6
No 08	20	5	4	10
No 13	20	5	8	9
No 14	20	5	6	10
No 16	20	10	10	10
No 38	20	5	4	8
No 39	20	5	10	10
No 53	20	5	14	8
No 58	20	5	4	5
No 59	20	5	2	10

Πίνακας 16. Ποσοτική Περιγραφή των 10 Επικρατέστερων Εργαζομένων στην Περίπτωση της Σχέσης N-1 με την Μέθοδο Ακριβούς Τιμής

- α) Μορφωτικό Επίπεδο
- β) Γνώσεις Προγραμματισμού
- γ) Εργασιακή Εμπειρία
- δ) Ηλικία

Αναλυτικά, το επίπεδο κάθε δεξιότητας, η σημειακή απαίτηση για τη δεξιότητα, το βάρος και η τελική τιμή φαίνονται στον **πίνακα 14**. Επομένως, για την αναπαράσταση της θέσης εργασίας χρησιμοποιείται ένα διάνυσμα τεσσάρων (4) διαστάσεων (J_i) με $i = 1, 2, 3, 4$. Κάθε στοιχείο του διανύσματος προκύπτει ως εξής: $e_i = j_i \times w_i$, όπου (J_i) η τιμή της απαίτησης και (w_i), το βάρος που θέτει ο εργοδότης για τη συγκεκριμένη απαίτηση.

Μετά την εκτέλεση του μέτρου ομοιότητας, οι δέκα (10) ομοιότεροι υποψήφιοι με τη συγκεκριμένη θέση εργασίας παρουσιάζονται στον **Πίνακα 15**, ενώ στον **Πίνακα 16** παρουσιάζουμε τις τιμές των δεξιοτήτων τους.

Δεξιότητα (Περιορισμός)	Επίπεδο Δεξιότητας (Τιμή)	Βάρος	Τελική Τιμή (pts)
Μορφωτικό Επίπεδο (κάτω όριο)	MSc (20pts)	1	20
Γνώσεις Προγραμματισμού (ακριβής τιμή)	Middle programmer (10pts)	1	10
Εργασιακή Εμπειρία (πάνω όριο)	5 έτη (10pts)	1	10
Ηλικία (κλειστό διάστημα)	25-30 ετών (10pts)	1	10

Πίνακας 17. Ποσοτική Περιγραφή Απαιτήσεων Θέσης Εργασίας Σχέσης N-1 με την Μέθοδο της Εισαγωγής Περιορισμών.

ID Υποψηφίου	Τελική βαθμολογία	Κρίση Εργοδότη
No 55	+13,2	ΝΑΙ
No 24	+7,40	ΝΑΙ
No 42	+7,40	ΝΑΙ
No 23	+6,00	ΝΑΙ
No 49	+5,00	ΝΑΙ
No 26	+4,80	ΝΑΙ
No 30	+3,40	ΝΑΙ
No 01	+2,00	ΝΑΙ
No 40	-0,40	ΟΧΙ
No 20	-1,00	ΟΧΙ

Πίνακας 18. Αποτελέσματα Σύστασης στην Σχέση N-1 με την Μέθοδο της Εισαγωγής Περιορισμών

Μέθοδος με Εισαγωγή Περιορισμών

Από την άλλη πλευρά, στην προσέγγισή μας όπου η Σύσταση Εργασίας βασίζεται σε περιορισμούς, η δομημένη μορφή περιγράφεται στον **Πίνακα 17**. Οι τιμές των χαρακτηριστικών έχουν μία από τις τέσσερις παρακάτω μορφές:

ID Υποψηφίου	Μορφωτικό Επίπεδο	Γνώσεις Προγραμματισμού	Εργασιακή Εμπειρία	Ηλικία
No 01	10	10	2	10
No 20	10	5	4	10
No 23	10	20	16	10
No 24	10	5	14	8
No 26	10	10	8	6
No 30	10	5	10	8
No 40	10	20	12	7
No 42	10	5	14	8
No 49	10	5	10	10
No 55	10	10	14	9

Πίνακας 19. Ποσοτική Περιγραφή των 10 Επικρατέστερων Εργαζομένων στην Περίπτωση της Σχέσης N-1 με την Μέθοδο της Εισαγωγής Περιορισμών

ακριβής τιμή (E), εύρος με κατώτατο όριο (L), εύρος με άνω όριο (U) και εύρος τόσο με κατώτερο όσο και με το ανώτερο όριο (LU), ενώ διαθέτουν και ένα συγκεκριμένο βάρος.

Μετά την εκτέλεση του *Αλγόριθμου Σύστασης Τεσσάρων Διαστάσεων*, οι δέκα καταλληλότεροι υποψήφιοι για τη θέση εργασίας, παρουσιάζονται στον **Πίνακα 17**, ενώ στον **Πίνακα 18** βλέπουμε τις τιμές των δεξιοτήτων τους.

Σύγκριση Αποτελεσμάτων

Οι τελικές βαθμολογίες των δύο μεθόδων διαφέρουν δραματικά. Αυτό είναι αναμενόμενο, καθόσον η μέθοδος *ακριβούς τιμής* βρίσκει υποψηφίους όσο το δυνατόν ομοιότερους με τη θέση εργασίας, ενώ η μέθοδος *εισαγωγής περιορισμών* βρίσκει υποψηφίους όσο το δυνατόν καταλληλότερους για τη θέση εργασίας, βάσει των υφιστάμενων περιορισμών του εργοδότη.

Επίσης, και σε αυτή την περίπτωση σχέσης διαπιστώνουμε ότι στην πρώτη μέθοδο οι τελικές βαθμολογίες είναι όλοι θετικοί αριθμοί (καθώς απεικονίζουν αποστάσεις), ενώ στην δεύτερη μέθοδο έχουμε θετικούς και

αρνητικούς αριθμούς, που δηλώνουν την καταλληλότητα ή ακαταλληλότητα αντίστοιχα. Επομένως, η *ευκαμψία* του προτεινόμενου αλγορίθμου στην αποτύπωση των απαιτήσεων του εργοδότη για μια θέση εργασίας και η *παραστατικότητα* των αποτελεσμάτων (καλύπτει τις απαιτήσεις, δεν καλύπτει τις απαιτήσεις και πόσο) που χαρακτηρίζουν την καταλληλότητα ενός υποψηφίου για μια θέση εργασίας, είναι δύο συμπεράσματα που εμφανίζονται και στην περίπτωση σχέσης «N-1»

Η εκφραστικότητα του *Αλγόριθμου Σύστασης Τεσσάρων Διαστάσεων* καθορίζει την διαμόρφωση των αποτελεσμάτων στον τομέα αναζήτησης εργασίας, δημιουργεί νέες τεχνικές αποτυπώσεις της καταλληλότητας. Η ευστοχία των αποτελεσμάτων της μεθόδου εισαγωγής περιορισμών είναι μεγαλύτερη σε σχέση με την μέθοδο ακριβούς τιμής. Σύμφωνα με την κρίση του εργοδότη η πρώτη μέθοδος στην τελική λίστα συστάσεων είχε 5 εργαζόμενους από τους 10, που συνέπιπταν με αυτούς που θα ερευνούσε αρχικά ο εργοδότης, δηλαδή είχε ευστοχία συστάσεων 50%. Η δεύτερη μέθοδος είχε στην τελική λίστα συστάσεων 8 εργαζόμενους από τους 10 να συμπίπτουν με αυτούς που θα ερευνούσε αρχικά ο εργοδότης, δηλαδή είχε ευστοχία συστάσεων 80%. Είναι εμφανές ότι οι προτάσεις του *Αλγόριθμου Σύστασης Τεσσάρων Διαστάσεων* και σε αυτή την περίπτωση σχέσης είναι πιο κοντά στις πραγματικές αναζητήσεις του εργοδότη.

7.5 Πειραματική Αξιολόγηση Σχέσης «N-N» Πολλές Θέσεις Εργασίας - Πολλοί Υποψήφιοι Εργαζόμενοι

Η περίπτωση της σχέσης *Πολλές Θέσεις Εργασίας - Πολλοί Υποψήφιοι Εργαζόμενοι* «N-N» είναι η πολυπλοκότερη σε σύγκριση με τις προηγούμενες τρεις σχέσεις «1-1», «1-N» και «N-1». Εμφανίζει ένα από τα βασικά προβλήματα των *Συστημάτων Σύστασης*, εκείνο της *πρόκλησης συνωστισμού*³⁸. Επομένως, η

³⁸ Στα *Συστήματα Σύστασης* το πρόβλημα του συνωστισμού (crowd problem) αφορά στην περίπτωση αντικειμένου, το οποίο συνεχώς προκρίνεται των υπολοίπων. Δηλαδή, δεν αφήνει «χώρο» σε άλλα αντικείμενα να εμφανιστούν μπροστά στην τελική λίστα προτάσεων, συνήθως λόγω πολύ δυνατών χαρακτηριστικών (Morishita, 2017).

αποφυγή του *προβλήματος του συνωστισμού* είναι ο βασικός μας στόχος, παράλληλα με την εύρεση της καταλληλότητας.

Η λύση που εφαρμόζουμε στο προαναφερθέν πρόβλημα είναι να μετατρέψουμε την πολυπλοκότητα της σχέσης «*N-N*» σε πρόβλημα σχέσης «*N-1*» και στη συνέχεια να μειώσουμε τις προτάσεις στην τελική λίστα με τη χρήση κάποιου φίλτρου. Δηλαδή, για κάθε θέση εργασίας βρίσκουμε τον πίνακα προτάσεων για όλους τους υποψήφιους εργαζόμενους, σαν να ήταν η μοναδική εργασία και έπειτα ως φίλτρο εισάγουμε την έννοια της *προτεραιότητας στελέχωσης* σε συνδυασμό με το *ελάχιστο αποδεκτό όριο προσόντων*. Με την προσέγγιση αυτή παράγεται ένας πίνακας συστάσεων για κάθε εργασία, χωρίς να εμφανίζει τον υποψήφιο με τα περισσότερα προσόντα πρώτο σε όλες τις λίστες πρότασης έκαστης εργασίας. Η *προτεραιότητα στελέχωσης*, σε συνδυασμό με το *ελάχιστο αποδεκτό όριο προσόντων*, αντιμετωπίζει το πρόβλημα της *πρόκλησης συνωστισμού*, καθώς φιλτράρει τους υποψηφίους, εμποδίζοντας το ίδιο άτομο να προκρίνεται συνεχώς. Οπότε οι επιθυμητές ανακατατάξεις των υποψηφίων επιτυγχάνονται και προκύπτουν διαφορετικές λίστες σύστασης για κάθε εργασία.

Σε κάθε περίπτωση μεθόδου έχουμε 60 υποψήφιους εργαζόμενους και 4 θέσεις εργασίας προς στελέχωση. Ποσοτικοποιούνται οι οντότητες βάσει του βαθμολογικού **Πίνακα 2** και ορίζεται η σειρά στελέχωσης των εργασιών από τον εργοδότη σύμφωνα με την σπουδαιότητα κάθε θέσης για την εταιρία και επίσης ορίζεται ένα κατώτερο όριο καταλληλότητας. Στις παρακάτω παραγράφους παρουσιάζονται τα πειραματικά αποτελέσματα αναλυτικά.

Μέθοδος Ακριβούς Τιμής

Στην μέθοδο της ακριβούς τιμής κατασκευάζουμε τη δομημένη μορφή των διαθέσιμων θέσεων εργασίας. Οι τέσσερις διαφορετικές θέσεις εργασίας που χρησιμοποιούνται παρουσιάζονται παρακάτω. Η πρώτη εργασία No1 είναι μια θέση, που δεν απαιτεί ιδιαίτερες δεξιότητες ή προϋπηρεσία, ενώ η τελευταία εργασία No4 είναι μια εξειδικευμένη θέση που περιλαμβάνει ειδικές ικανότητες. Οι No2 και No3 εργασίες κλιμακώνονται ανάλογα. Επίσης, κάθε χαρακτηριστικό έχει μια ακριβής τιμή και συγκεκριμένο βάρος (**Πίνακες 20-23**).

Εργασία Νο1			
Δεξιότητα	Τιμή	Βάρος	Τελική τιμή (pts)
Μορφωτικό Επίπεδο	10	1	10
Γνώση Αγγλικής Γλώσσας	5	1	5
Μεταφραστική Εμπειρία	2	1	2
Ηλικία	7	0.8	5,6

Πίνακας 20. Ποσοτική Περιγραφή Απαιτήσεων Θέσης Εργασίας Νο1 για την Περίπτωση Σχέσης N-N με την Μέθοδο της Ακριβούς Τιμής

Εργασία Νο2			
Δεξιότητα	Τιμή	Βάρος	Τελική τιμή (pts)
Μορφωτικό Επίπεδο	20	1	20
Γνώση Αγγλικής Γλώσσας	10	1	10
Μεταφραστική Εμπειρία	10	1	10
Ηλικία	10	0.8	8

Πίνακας 21. Ποσοτική Περιγραφή Απαιτήσεων Θέσης Εργασίας Νο2 για την Περίπτωση Σχέσης N-N με την Μέθοδο της Ακριβούς Τιμής.

Εργασία Νο3			
Δεξιότητα	Τιμή	Βάρος	Τελική τιμή (pts)
Μορφωτικό Επίπεδο	20	1	20
Γνώση Αγγλικής Γλώσσας	20	1	20
Μεταφραστική Εμπειρία	14	1	14
Ηλικία	10	0.8	8

Πίνακας 22. Ποσοτική Περιγραφή Απαιτήσεων Θέσης Εργασίας Νο3 για την Περίπτωση Σχέσης N-N με την Μέθοδο της Ακριβούς Τιμής.

Εργασία Νο4			
Δεξιότητα	Τιμή	Βάρος	Τελική τιμή (pts)
Μορφωτικό Επίπεδο	30	1	30
Γνώση Αγγλικής Γλώσσας	10	1	10
Μεταφραστική Εμπειρία	10	1	10
Ηλικία	6	0.8	4,8

Πίνακας 23. Ποσοτική Περιγραφή Απαιτήσεων Θέσης Εργασίας Νο4 για την Περίπτωση Σχέσης N-N με την Μέθοδο της Ακριβούς Τιμής

Εργασία Νο1	
ID Υποψηφίου	Τελική βαθμολογία
No 59	+13,4
No 38	+13,8
No 58	+14,6
No 08	+15,4
No 14	+17,4
No 39	+17,4
No 03	+17,8
No 53	+17,8

Πίνακας 24. Αποτελέσματα Σύστασης στην Σχέση N-N με την Μέθοδο της Ακριβούς Τιμής για την Εργασία Νο1.

Εργασία Νο2	
ID Υποψηφίου	Τελική βαθμολογία
No 66	+6,0
No 13	+7,8
No 52	+8,6
No 53	+8,6
No 14	+9,0
No 39	+9,0
No 03	+10,2
No 08	+11,0

Πίνακας 25. Αποτελέσματα Σύστασης στην Σχέση N-N με την Μέθοδο της Ακριβούς Τιμής για την Εργασία Νο2.

Εργασία Νο 3	
ID Υποψηφίου	Τελική βαθμολογία
No 66	+8,0
No 52	+12,6
No 46	+13,0
No 50	+16,4
No 13	+21,8
No 53	+22,6
No 14	+23,0
No 39	+23,0

Πίνακας 26. Αποτελέσματα Σύστασης στην Σχέση N-N με την Μέθοδο της Ακριβού Τιμής για την Εργασία Νο3

Εργασία Νο4	
ID Υποψηφίου	Τελική βαθμολογία
No 05	+0.8
No 50	+10.8
No 03	+17
No 52	+18.6
No 53	+18.6
No 66	+19.2
No 13	+19.4
No 58	+21.8

Πίνακας 27. Αποτελέσματα Σύστασης στην Σχέση N-N με την Μέθοδο της Ακριβού Τιμής για την Εργασία Νο4

ID Υποψηφίου	Μορφωτικό Επίπεδο	Γνώση Αγγλικής Γλώσσας	Μεταφραστική Εμπειρία	Ηλικία
No 03	20	5	8	6
No 05	30	10	10	7
No 08	20	5	4	10
No 13	20	5	8	9
No 14	20	5	6	10
No 27	20	40	10	10
No 38	20	5	4	8
No 39	20	5	6	10
No 46	20	20	6	10
No 50	20	20	12	7
No 52	20	15	8	8
No 53	20	5	8	8
No 58	20	5	4	5
No 59	20	5	2	10
No 66	20	15	11	10

Πίνακας 28. Ποσοτική Περιγραφή Επικρατέστερων Εργαζομένων στην Περίπτωση της Σχέσης N-N με την Μέθοδο της Ακριβού Τιμής

Εργασία	Ομοιότερος Υποψήφιος	Κρίση Εργοδότη
No 1	ID-59	ΟΧΙ
No 2	ID-66	ΟΧΙ
No 3	ID-66	ΝΑΙ
No 4	ID-05	ΟΧΙ

Πίνακας 29. Τελική Ανάθεση στην Περίπτωση της Σχέσης N-N με την Μέθοδο της Ακριβούς Τιμής

Και εδώ, όπως και σε όλα τα πειράματά μας, η δομή του προφίλ των υποψηφίων θα πρέπει να βρίσκεται σε αντιστοιχία με την περιγραφή της θέσεως εργασίας, ώστε να μπορεί εφαρμοστεί το μέτρο ομοιότητας. Επίσης, θα πρέπει να γίνει η ίδια διεργασία μετατροπής των δεδομένων σε μια έκφραση που μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τον αλγόριθμο. Οπότε, η κάθε εργασία αναπαρίσταται από ένα πίνακα (J_i) με $i = 1, 2, 3, 4$, όπου κάθε στοιχείο του θα έχει μια τιμή v_i και ένα βάρος w_i , ενώ $j_i = v_i \times w_i$ θα είναι τα στοιχεία του.

Ο αντίστοιχος πίνακας $S = (s_1, s_2, s_3, s_4)$ θα αναπαριστά τους υποψηφίους, όπως και στο προηγούμενο πείραμα. Μετά την εκτέλεση, οι κορυφαίοι υποψήφιοι που είναι οι πλέον όμοιοι για κάθε μία από τις θέσεις εργασίας παρουσιάζονται στους **Πίνακες 24-27**, ενώ στον **Πίνακα 28** βλέπουμε τις τιμές των δεξιοτήτων τους. Η τελική ανάθεση καθώς και η κρίση του εργοδότη φαίνεται στον **Πίνακα 29**.

Μέθοδος με Εισαγωγή Περιορισμών

Από την άλλη πλευρά, ακολουθώντας την μέθοδο *εισαγωγής περιορισμών*, κατασκευάζουμε τη δομημένη μορφή των διαθέσιμων εργασιών. Οι τιμές των χαρακτηριστικών έχουν μία από τις τέσσερις μορφές: ακριβή τιμή (E), εύρος με κατώτατο όριο (L), εύρος με ανώτερο όριο (U), εύρος με κατώτατο και ανώτερο όριο (LU) (**Πίνακες 30-33**). Μετά την εκτέλεση του αλγορίθμου, οι κορυφαίοι υποψήφιοι, που είναι οι πλέον κατάλληλοι για τις θέσεις εργασίας παρουσιάζονται στους **Πίνακες 34-37**, με τις δεξιότητες τους αναλυτικά να

Εργασία Νο1			
Δεξιότητα	Τιμή	Βάρος	Τελική τιμή (pts)
Μορφωτικό Επίπεδο (U)	10	1	10
Γνώση Αγγλικής Γλώσσας(E)	5	1	5
Μεταφραστική Εμπειρία (L)	2	1	2
Ηλικία (LU)	7	0.8	5,6

Πίνακας 30. Ποσοτική Περιγραφή Απαιτήσεων Θέσης Εργασίας Νο1 για την Περίπτωση Σχέσης N-N με την Μέθοδο της Εισαγωγής Περιορισμών

Εργασία Νο 2			
Δεξιότητα	Τιμή	Βάρος	Τελική τιμή (pts)
Μορφωτικό Επίπεδο (U)	20	1	20
Γνώση Αγγλικής Γλώσσας(E)	10	1	10
Μεταφραστική Εμπειρία (L)	10	1	10
Ηλικία (LU)	10	0.8	8

Πίνακας 31. Ποσοτική Περιγραφή Απαιτήσεων Θέσης Εργασίας Νο2 για την Περίπτωση Σχέσης N-N με την Μέθοδο της Εισαγωγής Περιορισμών.

Εργασία Νο 3			
Δεξιότητα	Τιμή	Βάρος	Τελική τιμή (pts)
Μορφωτικό Επίπεδο (U)	20	1	20
Γνώση Αγγλικής Γλώσσας(E)	20	1	20
Μεταφραστική Εμπειρία (L)	14	1	14
Ηλικία (LU)	10	0.8	8

Πίνακας 32. Ποσοτική Περιγραφή Απαιτήσεων Θέσης Εργασίας Νο3 για την Περίπτωση Σχέσης N-N με την Μέθοδο της Εισαγωγής Περιορισμών.

Εργασία Νο 4			
Δεξιότητα	Τιμή	Βάρος	Τελική τιμή (pts)
Μορφωτικό Επίπεδο (U)	30	1	30
Γνώση Αγγλικής Γλώσσας(Ε)	10	1	10
Μεταφραστική Εμπειρία (L)	10	1	10
Ηλικία (LU)	6	0.8	4,8

Πίνακας 33. Ποσοτική Περιγραφή Απαιτήσεων Θέσης Εργασίας Νο4 για την Περίπτωση της Σχέσης N-N με την Μέθοδο της Εισαγωγής Περιορισμών.

Εργασία Νο1	
ID Υποψηφίου	Τελική βαθμολογία
No 13	-3,0
No 53	-3,0
No 03	-3,8
No 14	-5,8
No 39	-5,8
No 08	-6,2
No 38	-7,0
No 58	-8,6

Πίνακας 34. Αποτελέσματα Σύστασης στην Σχέση N-N με την Μέθοδο της Εισαγωγής Περιορισμών για την Εργασία Νο1

Εργασία Νο2	
ID Υποψηφίου	Τελική βαθμολογία
No 13	+3,0
No 53	+2,2
No 14	+1,0
No 39	+1,0
No 03	+0,6
No 08	-1,0
No 50	-1,6
No 38	-1,8

Πίνακας 35. Αποτελέσματα Σύστασης στην Σχέση N-N με την Μέθοδο της Εισαγωγής Περιορισμών για την Εργασία Νο2

Εργασία Νο3	
ID Υποψηφίου	Τελική βαθμολογία
No 03	+9
No 13	+9
No 53	+9
No 14	+7
No 39	+7
No 50	+6
No 08	+5
No 38	+5

Πίνακας 36. Αποτελέσματα Σύστασης στην Σχέση N-N με την Μέθοδο της Εισαγωγής Περιορισμών για την Εργασία Νο3

Εργασία Νο4	
ID Υποψηφίου	Τελική βαθμολογία
No 03	+13
No 13	+13
No 53	+13
No 14	+11
No 39	+11
No 50	+10
No 08	+9
No 38	+9

Πίνακας 37. Αποτελέσματα Σύστασης στην Σχέση N-N με την Μέθοδο της Εισαγωγής Περιορισμών για την Εργασία Νο4

ID Υποψηφίου	Μορφωτικό Επίπεδο	Γνώση Αγγλικής	Μεταφραστική Εμπειρία	Ηλικία
No 03	20	5	8	6
No 05	30	10	10	7
No 08	20	5	4	10
No 13	20	5	8	9
No 14	20	5	6	10
No 27	20	40	10	10
No 38	20	5	4	8
No 39	20	5	6	10
No 46	20	20	6	10
No 50	20	20	12	7
No 52	20	15	8	8
No 53	20	5	8	8
No 58	20	5	4	5
No 59	20	5	2	10
No 66	20	15	11	10

Πίνακας 38. Ποσοτική Περιγραφή Επικρατέστερων Εργαζομένων στην Περίπτωση της Σχέσης N-N με την Μέθοδο της Εισαγωγής Περιορισμών

Θέση Εργασίας	Καταλληλότερος Υποψήφιος	Κρίση Εργοδότη
No 1	ID-14	ΝΑΙ
No 2	ID-53	ΝΑΙ
No 3	ID-13	ΟΧΙ
No 4	ID-03	ΝΑΙ

Πίνακας 39 Τελική Ανάθεση στην Περίπτωση της Σχέσης N-N με την Μέθοδο Εισαγωγής Περιορισμών.

εμφανίζονται στον **Πίνακα 38**. Η τελική ανάθεση με την κρίση του εργοδότη φαίνεται στον **Πίνακα 39**.

Σύγκριση Αποτελεσμάτων

Η καινοτομία της προσέγγισής μας είναι ο τρόπος με τον οποίο λύνουμε τις ισοπαλίες. Σε ένα σενάριο με πολλές θέσεις εργασίας και πολλούς υποψηφίους, εκτελούμε τον αλγόριθμό μας για κάθε αναζητητή εργασία και για κάθε θέση εργασίας. Σε μια τέτοια περίπτωση είναι πιθανό να προκύψει ένα τέτοιου είδους αποτέλεσμα, όπου ένας μόνο υποψήφιος είναι βέλτιστος και καταλληλότερος για διαφορετικές θέσεις (πρόβλημα συνωστισμού). Για να λύσουμε ένα τέτοιο πρόβλημα, ταξινομούμε τον κατάλογο των διαθέσιμων θέσεων εργασίας κατά σειρά σπουδαιότητας. Όταν ο αλγόριθμός μας προτείνει τον ίδιο υποψήφιο για περισσότερες από μία θέσεις, η θέση που είναι πιο σημαντική θα πρέπει να συμπληρωθεί πρώτα. Εάν μια εργασία πρέπει να καλυφθεί από έναν υποψήφιο που δεν είναι πλέον διαθέσιμος, τότε με σειρά σπουδαιότητας θα προσληφθεί ο αμέσως επόμενος καλύτερος υποψήφιος.

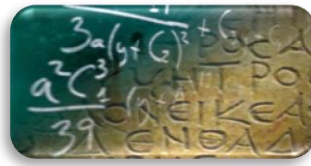
Επίσης, παρατηρούμε ότι έχουμε παρόμοια αποτελέσματα με την προηγούμενη περίπτωση σχέσης (1-N), πράγμα απόλυτα λογικό, καθώς ουσιαστικά εκτελούμε τον αλγόριθμό μας για κάθε θέση εργασίας και για όλους τους διαθέσιμους εργαζόμενους.

Η ευστοχία της μεθόδου μας είναι και εδώ αισθητή. Σύμφωνα με την κρίση του εργοδότη, στην περίπτωση της ακριβούς τιμής και χωρίς την εφαρμογή των φίλτρων της *προτεραιότητα στελέχωσης* σε συνδυασμό με το

ελάχιστο αποδεκτό όριο προσόντων, το πρόβλημα του συνωστισμού είναι υπαρκτό, ο ίδιος υποψήφιος εμφανίζεται δύο φορές. Επίσης, η ευστοχία των προτάσεων είναι μειωμένη, 1 στις 4 εργασίες (25%) συμπίπτουν με την τελική κρίση του εργοδότη. Από την άλλη πλευρά, η μέθοδος της εισαγωγής περιορισμών με την εφαρμογή των φίλτρων της προτεραιότητας στελέχωσης σε συνδυασμό με το ελάχιστο αποδεκτό όριο προσόντων επιφέρει το επιθυμητό αποτέλεσμα της αποφυγής συνωστισμού και αυξάνει την ευστοχία των αποτελεσμάτων, έχουμε 3 στις 4 εργασίες (75%) να συμπίπτουν με την τελική κρίση του εργοδότη.

Τέλος, αναφέρεται ότι η ίδια πειραματική διαδικασία πραγματοποιήθηκε με την χρήση διαφορετικών μέτρων ομοιότητας, με αποτελέσματα σχεδόν όμοια (**Jaeger 2008; Oberski 2015**). Επιβεβαιώνεται λοιπόν, ότι το μέτρο ομοιότητας δεν επηρεάζει δραστικά την ακρίβεια των συστάσεων. Παρόλα αυτά ο σκοπός της διατριβής δεν είναι να αποδειχθεί ο ισχυρισμός της ομοιότητας των αποτελεσμάτων με τη χρήση διαφορετικών μέτρων ομοιότητας, οπότε δεν πραγματοποιείται περαιτέρω αναφορά.





«Η δε μελέτη φύσεως αγαθά πλείονα δωρείται»

Επίχαρμος

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

Συμπεράσματα και Προτάσεις για Μελλοντική Έρευνα

8.1 Κύρια Σημεία Διατριβής

Στην παρούσα Διδακτορική Διατριβή, παρουσιάσαμε τις βασικές αρχές των *Συστημάτων Σύστασης Εργασίας-Εργαζομένου*, οι οποίες συνοπτικά είναι:

α) Οι τέσσερις διαφορετικοί τύποι σχέσης μεταξύ του εργοδότη και του υποψήφιου εργαζόμενου:

- 1) Ένας Αναζητητής Εργασίας – Μία Θέση Εργασίας, «1-1».
- 2) Ένας Αναζητητής Εργασίας – Πολλές Θέσεις Εργασίας, «1-N».
- 3) Πολλοί Υποψήφιοι Εργαζόμενοι - Μία Θέση Εργασίας, «N-1».
- 4) Πολλές Θέσεις Εργασίας - Πολλοί Υποψήφιοι Εργαζόμενοι, «N-N».

β) Την ανάγκη γνώσης σε βάθος του τομέα αναζήτησης εργασίας και εργοδοσίας. Από αυτή τη γνώση καθορίζεται και εξαρτάται η δομή του κατασκευασμένου μοντέλου, η οποία διαδραματίζει πρωταγωνιστικό ρόλο στην διαδικασία των προτάσεων.

γ) Η συνάρτηση χρηστικότητας, που θα εφαρμοστεί για να υπολογιστεί η καταλληλότητα και να επιτευχθεί η εξατομίκευση, είναι η «καρδιά» της διαδικασίας σύστασης. Ο *Αλγόριθμος Σύστασης Τεσσάρων Διαστάσεων* αποτελεί τη δική μας πρόταση στην εύρεση χρήσιμων και εξατομικευμένων εργασιών και εργαζομένων.

δ) Επισημάνθηκε η σπουδαιότητα ύπαρξης ενός μαθηματικού ορισμού του προβλήματος *Αναζήτησης Εργασίας-Εργαζομένου*. Ο ορισμός που προτείναμε περιλαμβάνει τις σχέσεις των οντοτήτων, υπαγορεύει τη σε βάθος γνώση του εν λόγω τομέα και αναδεικνύει την ιδιαίτερη σημασία της συνάρτησης χρηστικότητας. Επίσης, σκιαγραφεί την αρχιτεκτονική που οφείλει ένα Σύστημα Σύστασης να ακολουθεί. Το γεγονός αυτό μας οδήγησε στην ανάπτυξη της προτεινόμενης *Αρχιτεκτονικής Υψηλού Επιπέδου*, που αποτελείται από τα ακόλουθα συστατικά:

- 1) Μοντελοποίηση
- 2) Ενσωμάτωση Απαιτήσεων
- 3) Μηχανισμός Σύστασης

ε) Ο *Αλγόριθμος Σύστασης Τεσσάρων Διαστάσεων* εισάγει μια νέα προσέγγιση, βάσει περιεχομένου και περιορισμών, στη διαδικασία προτάσεων. Η νέα προσέγγιση επεκτείνει τα κλασικά μέτρα εύρεσης αποστάσεων (ομοιοτήτων) και προκειμένου να αντιμετωπίσει την πρόκληση της αντιστοίχισης των υποψηφίων και των θέσεων εργασίας αποτελεσματικότερα, εστιάζει στην καταλληλότητα, που είναι και ο βασικός στόχος στο πρόβλημα μας.

στ) Τα αποτελέσματα των πειραμάτων μας επιβεβαιώνουν ότι το *Σύστημα Σύστασης Εργασίας-Εργαζομένου* που προτείναμε, έχει θετικές επιδόσεις και διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στον τομέα της αναζήτησης εργασίας και της πρόσληψης. Οι εταιρείες και τα άτομα δύναται να επωφεληθούν

από αυτή την νέα προσέγγιση, ως χρήστες ενός *Συστήματος Σύστασης*. Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου, ήτοι λιγότερες θέσεις εργασίας ή εργαζόμενοι για εις βάθος αξιολόγηση, βελτίωση της περιγραφής των υποψηφίων (προφίλ και δεξιότητες), βελτίωση της εσωτερικής λειτουργίας των εταιρειών στην αξιολόγηση προσωπικού, ακρίβεια αποτελεσμάτων, ευστοχία προτάσεων, εκφραστικότητα κ.α. είναι εμφανή μέσα από την πειραματική αξιολόγηση.

8.2 Αναλυτική Παρουσίαση Συμπερασμάτων

Τα αποτελέσματα της συγκριτικής πειραματικής αξιολόγησης μπορούν να ερμηνευτούν ως υποσχόμενα. Το προτεινόμενο πλαίσιο με την ενσωμάτωση του *Αλγόριθμου Σύστασης Τεσσάρων Διαστάσεων*, δημιουργεί μια νέα προοπτική στον τομέα των *Συστημάτων Σύστασης*, ειδικά όσον αφορά τον τρόπο με τον οποίο θα μπορούσαμε να επιτύχουμε την εξατομίκευση και τη βοήθεια προς τους τελικούς χρήστες. Με αυτόν τον τρόπο μπορούν να επωφεληθούν και οι δύο πλευρές των χρηστών του τομέα, δηλαδή οι υπεύθυνοι προσλήψεων εργασίας και οι αιτούντες εργασία.

Επιπλέον, η προτεινόμενη μέθοδος παρέχει ακριβέστερο φιλτράρισμα πληροφοριών. Η δική μας διαφορική προσέγγιση του προβλήματος της αντιστοίχισης των ατόμων και των θέσεων εργασίας απορρέει από αυτή την ιδέα. Μετατρέπουμε την πρόκληση της σύστασης εργασίας από έναν υπολογισμό ομοιότητας στην ανίχνευση της καταλληλότητας. Η προσέγγισή των τεσσάρων διαστάσεων είναι μια προσπάθεια κάλυψης ολόκληρου του φάσματος των επιθυμητών επιλογών με συνεκτικό και δομημένο τρόπο αυξάνοντας παράλληλα την ευελιξία.

Παρόλο που τα *Συστήματα Σύστασης* αντιμετωπίζουν πολλά ανοικτά ζητήματα (**Abel et al., 2016· Yagci & Gurgun 2017**), όπως η ακεραιότητα των δεδομένων, η κλιμάκωση του μεγέθους, η ψυχρή εκκίνηση, η ποικιλομορφία έναντι της ακρίβειας, οι ευπάθειες στην επίθεση, η αξία του χρόνου, η αξιολόγηση της σύστασης και η διεπαφή χρήσης, τα οφέλη από την χρήση ενός τέτοιου εργαλείου είναι προφανή στην καθημερινή μας ζωή. Στον τομέα της αναζήτησης εργασίας και της πρόσληψης, έχουμε μια αξιοσημείωτη ανάπτυξη

και το πρόβλημα της υπερφόρτωσης πληροφοριών αντιμετωπίζεται σε πολύ ικανοποιητικό επίπεδο. Σε αυτό το ευρύ πλαίσιο, θέτουμε την έρευνα μας, η οποία παρέχει μια ευέλικτη διαδικασία για την παραγωγή στοχευμένων, αξιόπιστων και ακριβών συστάσεων.

Επιπλέον επισημάναμε ότι, οι τεχνικές των *Συστημάτων Σύστασης* έχουν αναπτυχθεί και κατηγοριοποιηθεί σε ομάδες (Συνεργατικά, Βασισμένα στο Περιεχόμενο, Βασισμένα στη Γνώση και Υβριδικά ΣΣ). Παρόλο που αυτές οι τεχνικές χρησιμοποιούν διαφορετικές αλγοριθμικές προσεγγίσεις, για να λειτουργήσουν επιτυχώς, όλες συνδυάζουν το ίδιο κοινό χαρακτηριστικό το οποίο είναι η βαθιά γνώση του τομέα. Αυτή η γνώση είναι αποτέλεσμα μιας εντατικής και συνεχούς ανάλυσης. Χωρίς αυτήν, οι συστάσεις θα ήταν φτωχές ή ακόμα και άστοχες. Με άλλα λόγια, η συνάρτηση χρηστικότητας δεν ενεργεί ως «μαγικό ραβδί», προτείνοντας τους κατάλληλους υποψήφιους στους υπεύθυνους προσλήψεων ή τις κατάλληλες θέσεις εργασίας στους αιτούντες εργασία. Τέλος και η συμμετοχή των ειδικών στην ανάλυση του τομέα είναι καταλυτική για ένα επιτυχημένο αποτέλεσμα.

Επίσης, ο αλγόριθμος συστάσεων είναι η «καρδιά» ενός *Συστήματος Συστάσεων*. Ο αλγόριθμος επεξεργάζεται τα δεδομένα εισόδου λαμβάνοντας υπόψη τις ιδιαιτερότητες του τομέα από τον οποίο εξήχθησαν τα δεδομένα, κατά το στάδιο της ανάλυσης και τελικά παράγει τον κατάλογο συστάσεων των υποψήφιων υπαλλήλων ή των θέσεων εργασίας. Ο αλγόριθμος σύστασης υποδηλώνεται ως η λειτουργία εύρεσης της καταλληλότητας, η οποία θα πρέπει να έχει τη δυνατότητα να λαμβάνει υπόψη ένα φάσμα επιλογών από την πλευρά του χρήστη. Επιτύχαμε μια προσέγγιση βασισμένη σε περιορισμούς και την ενσωματώσαμε στον *Αλγόριθμο Σύστασης Τεσσάρων Διαστάσεων*, δίνοντας ευελιξία στην εύρεση της καταλληλότητας, ενώ οι υπάρχοντες αλγόριθμοι και τεχνικές λειτουργούν περιοριστικά, καθώς υπολογίζουν μόνο ομοιότητες.

Ένα άλλο κρίσιμο σημείο της έρευνάς μας αποτυπώνεται στον ορισμό πλαίσιο των *Συστημάτων Συστάσεως Εργασίας-Εργαζομένου* που παρουσιάζονται στο 3ο Κεφάλαιο. Ο μαθηματικός ορισμός του προβλήματος ορίζει σαφώς τα όρια δράσης των υπό μελέτη οντοτήτων και αποτελεί τη βάση της

Αρχιτεκτονικής Υψηλού Επιπέδου, η οποία απεικονίζεται στο 4ο Κεφάλαιο και στο οποίο κάθε συστατικό της αρχιτεκτονικής αποτελεί ξεχωριστό σύστημα πληροφοριών με τις δικές του δομικές προκλήσεις. Χωρίς τον ορισμό πλαίσιο και χωρίς το διάγραμμα αρχιτεκτονικής, ο *Αλγόριθμος Σύστασης Τεσσάρων Διαστάσεων* θα έχανε την δυναμική του.

Μια άλλη ενδιαφέρουσα πτυχή του προτεινόμενου αλγορίθμου είναι η δυνατότητα χρήσης του σε ένα ευρύ φάσμα διαφορετικών θέσεων εργασίας, όχι από τον ίδιο τομέα και με υποψηφίους που προέρχονται από διαφορετικό εκπαιδευτικό υπόβαθρο. Αυτή η περίπτωση αυξάνει την πολυπλοκότητα, αλλά το βασικό θεμέλιο στοιχείο εξακολουθεί να παραμένει το ίδιο. Στο σημείο αυτό πρέπει να διευκρινίσουμε ότι οτιδήποτε στατικό θα αποτύγχανε ή θα είχε περιορισμένη χρήση. Το βέλτιστο είναι μια δυναμική προσέγγιση που να αντιμετωπίζει τον απροσδόκητο αριθμό χαρακτηριστικών ή δεξιοτήτων. Αυτή η δυναμική λύση στα *Συστήματα Σύστασης Εργασιών* ανάγεται σε μια προγραμματιστική πρόκληση της *Διεπαφής Χρήστη*.

Μια άλλη πρόκληση είναι το είδος των δεδομένων εισόδου που μπορεί να είναι συνεχή ή κατηγορικά. Η εύρεση ομοιότητας μεταξύ συνεχών δεδομένων, π.χ. ηλικία του εργαζομένου, είναι μια απλή διαδικασία που χρησιμοποιεί ένα από τα πολλά μέτρα ομοιότητας ή απόστασης που υπάρχουν. Αλλά η διαχείριση των κατηγορικών δεδομένων και η εύρεση ομοιότητας μεταξύ δύο από αυτών δεν είναι απλή διαδικασία. Το βασικό σημείο των κατηγορικών δεδομένων είναι ότι οι διάφορες τιμές δεν ταξινομούνται εγγενώς. Αν και ο απλούστερος τρόπος για να ξεπεραστεί η πολυπλοκότητα της ταξινόμησης είναι να χρησιμοποιηθεί η ιδέα της δυαδικής προσέγγισης, δηλαδή να αναθέσουμε «1» εάν το κατηγορικό χαρακτηριστικό υπάρχει και «0» αν δεν υπάρχει, κάτι τέτοιο περιορίζει τις δυνατότητες αναπαράστασης των χαρακτηριστικών. Στον τομέα των προσλήψεων και της αναζήτησης εργασίας, αντιμετωπίζουμε αυτήν την πρόκληση μετατρέποντας τα κατηγορικά δεδομένα σε συνεχή μέσω της αντιστοίχισης της ποιότητάς τους με κατάλληλους αριθμούς.

Τέλος, το πρόβλημα του *Συνωστισμού* εμφανίζεται μόνο στον τύπο της σχέσης *Πολλές Θέσεις Εργασίας - Πολλοί Υποψήφιοι Εργαζόμενοι «N-N»*, όπου

ένας υποψήφιος είναι ο πλέον κατάλληλος για τις περισσότερες θέσεις εργασίας. Η λύση που εφαρμόζουμε στο προαναφερθέν πρόβλημα είναι να μετατρέψουμε την πολυπλοκότητα της σχέσης « $N-N$ » σε πρόβλημα σχέσης « $N-1$ » και στην συνέχεια να μειώσουμε τις προτάσεις στην τελική λίστα με τη χρήση κάποιου φίλτρου. Δηλαδή, για κάθε θέση εργασίας βρίσκουμε τον πίνακα προτάσεων για όλους τους υποψήφιους εργαζόμενους, σαν να ήταν η μοναδική εργασία και έπειτα ως φίλτρο εισάγουμε την έννοια της *προτεραιότητας στελέχωσης* σε συνδυασμό με το *ελάχιστο αποδεκτό όριο προσόντων*. Με την προσέγγιση αυτή παράγεται ένας πίνακας συστάσεων για κάθε εργασία, χωρίς να εμφανίζει τον υποψήφιο με τα περισσότερα προσόντα πρώτο σε όλες τις λίστες πρότασης έκαστης εργασίας. Η *προτεραιότητα στελέχωσης* σε συνδυασμό με το *ελάχιστο αποδεκτό όριο προσόντων*, αντιμετωπίζει το πρόβλημα της *πρόκλησης συνωστισμού*, καθώς φιλτράρει τους υποψηφίους εμποδίζοντας το ίδιο άτομο να προκρίνεται συνεχώς. Οπότε, οι επιθυμητές ανακατατάξεις των υποψηφίων επιτυγχάνονται και προκύπτουν διαφορετικές λίστες σύστασης για κάθε εργασία.

Εν κατακλείδι, επισημαίνεται η ευκαμψία του προτεινόμενου αλγορίθμου στην αποτύπωση των απαιτήσεων του εργοδότη, η *παραστατικότητα* των αποτελεσμάτων (καλύπτει τις απαιτήσεις, δεν καλύπτει τις απαιτήσεις και πόσο) που χαρακτηρίζουν την καταλληλότητα ενός υποψηφίου για μια θέση εργασίας, η προσαρμοστικότητα και η ευστοχία των αποτελεσμάτων βάσει των τεθέντων περιορισμών και τέλος έχουμε μια προσέγγιση της καταλληλότητας με ποσοτικό τρόπο, *θετικό*, όταν ο υποψήφιος υπερκαλύπτει τις απαιτήσεις, *μηδέν (0)*, όταν ο υποψήφιος διαθέτει ακριβώς τις απαιτήσεις της θέσης εργασίας και *αρνητικό*, όταν ο υποψήφιος δεν πληροί τις απαιτήσεις.

8.3 Προτάσεις για Μελλοντική Έρευνα

Η μεθοδολογία που προτείνουμε παρουσιάζει θετικές επιδόσεις και μας ενθαρρύνει να διερευνήσουμε περαιτέρω τις εφαρμογές και τις επεκτάσεις της. Στόχος μας είναι να διεξαγάγουμε περαιτέρω έρευνα για τη βελτίωση των επιδόσεων όσον αφορά την αξιοπιστία και την απόκριση χρόνου. Πρέπει επίσης να δοκιμάσουμε τον *Αλγόριθμό Σύστασης Τεσσάρων Διαστάσεων* και σε άλλα

σύνολα δεδομένων που συναντώνται σε διαφορετικούς κλάδους του εταιρικού τομέα.

Αξιολογώντας τα αποτελέσματα των πειραμάτων μας, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η σημασία των *Συστημάτων Σύστασης* για τη βελτίωση της ποιότητας της αντιστοίχισης στον τομέα των προσλήψεων εργασίας είναι αναμφισβήτητη. Η μέθοδός μας παρέχει μια συνεκτική και συστηματική διαδικασία και κατευθύνει τις εταιρείες προκειμένου να χρησιμοποιήσουν αποτελεσματικά τις τελικές προτάσεις, π.χ. τα αποτελέσματα καταλληλότητας θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν και για εσωτερική αξιολόγηση του προσωπικού.

Επιπλέον οι οδηγίες και οι κατευθυντήριες γραμμές για περαιτέρω έρευνα περιλαμβάνουν την τροποποίηση της περιγραφής των θέσεων εργασίας με βάση την ευστοχία των προτεινόμενων υποψηφίων, π.χ. σε περίπτωση που ο εργοδότης απομακρυνθεί πολύ από την αρχική λίστα προτάσεων, τότε πιθανώς θα πρέπει να μελετηθεί μία αναπροσαρμογή του βαθμολογικού πίνακα ή των βαρών. Αυτόματη προσαρμογή με χρήση τεχνικών εκμάθησης αποτελεί πρόταση μελλοντικής έρευνας.

Από τις παραπάνω προτεινόμενες μελλοντικές επεκτάσεις διαφαίνεται η δυναμική των *Συστημάτων Σύστασης*, ενός νέου επιστημονικού πεδίου, που παρά το μικρό χρονικό διάστημα της ύπαρξής του, έχει πραγματοποιήσει βήματα μεγάλα και σημαντικά. Στο πρόσσεχες μέλλον τα *Συστήματα Σύστασης* θα υιοθετηθούν και από άλλους τομείς της καθημερινής μας ζωής, προκειμένου νέα επιστημονικά πεδία να ενσωματώσουν τις πρωτοποριακές και ποιοτικές υπηρεσίες τους





ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ



BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Abel, F., Benczur, A., Kohlsdorf, D., Larson, M., & Palovics, R. (2016, September). Recsys challenge 2016: Job recommendations. In Proceedings of the 10th ACM Conference on Recommender Systems (pp. 425-426). ACM.

Adomavicius, G., & Tuzhilin, A. (2005). Toward the next generation of recommender systems: A survey of the state-of-the-art and possible extensions. *IEEE transactions on knowledge and data engineering*, 17(6), 734-749.

Adomavicius, G., Sankaranarayanan, R., Sen, S., & Tuzhilin, A. (2005). Incorporating contextual information in recommender systems using a multidimensional approach. *ACM Transactions on Information Systems (TOIS)*, 23(1), 103-145.

Aggarwal, C. C. (2016). An introduction to recommender systems. In *Recommender Systems* (pp. 1-28). Springer, Cham.

Almalis, N. D., Tsihrintzis, G. A., & Karagiannis, N. (2014, July). A content based approach for recommending personnel for job positions. In *Information, Intelligence, Systems and Applications, IISA 2014, The 5th International Conference on* (pp. 45-49). IEEE.

Almalis, N. D., Tsihrintzis, G. A., Karagiannis, N., & Strati, A. D. (2015, July). FoDRA—A new content-based job recommendation algorithm for job seeking and recruiting. In *Information, Intelligence, Systems and Applications (IISA), 2015 6th International Conference on* (pp. 1-7). IEEE.

Almalis, N., Tsihrintzis, G., & Karagiannis, N. (2015, December). A New Content-Based Recommendation Algorithm for Job Recruiting. In

International Conference on Innovative Techniques and Applications of Artificial Intelligence (pp. 393-398). Springer, Cham.

Nikolaos D. Almalis, George A. Tsihrintzis, Evangelos Kyritsis (2018). A constraint-based job recommender system integrating FoDRA. *Int. J. Computational Intelligence Studies*, Vol. 7, No. 2, 2018.

Nikolaos D. Almalis, George A. Tsihrintzis (2018), Ioannis Papaioannou. Handling the Crowd Avoidance Problem in Job Recommendation Systems. *Int. J. Computational Intelligence Studies*, Vol. 7, No. 3, 2018 (to appear).

Al-Otaibi, S. T., & Ykhlef, M. (2012). A survey of job recommender systems. *International Journal of Physical Sciences*, 7(29), 5127-5142.

Al-Otaibi, S., & Ykhlef, M. (2017). Hybrid immunizing solution for job recommender system. *Frontiers of Computer Science*, 11(3), 511-527.

Arazy, O., Kumar, N., & Shapira, B. (2009). Improving social recommender systems. *IT professional*, 11(4).

Armstrong, M., & Taylor, S. (2014). *Armstrong's handbook of human resource management practice*. Kogan Page Publishers.

Beel, J., Gipp, B., Langer, S., & Breitinger, C. (2016). paper recommender systems: a literature survey. *International Journal on Digital Libraries*, 17(4), 305-338.

Bennett, J., & Lanning, S. (2007, August). The netflix prize. In *Proceedings of KDD cup and workshop* (Vol. 2007, p. 35).

-
- Berkovsky, S., Kuflik, T., & Ricci, F. (2006).** Cross-technique mediation of user models. In Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems (pp. 21-30). Springer Berlin/Heidelberg.
- Berkovsky, S., Borisov, N., Eytani, Y., Kuflik, T., & Ricci, F. (2007).** Examining users' attitude towards privacy preserving collaborative filtering. In Data Mining for User Modeling On-line Proceedings of Workshop held at the (p. 28).
- Berkovsky, S., Kuflik, T., & Ricci, F. (2008).** Mediation of user models for enhanced personalization in recommender systems. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 18(3), 245-286.
- Berkovsky, S., Kuflik, T., & Ricci, F. (2009).** Cross-representation mediation of user models. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 19(1), 35-63.
- Billsus, D., & Pazzani, M. (1997, June).** Learning probabilistic user models. In UM97 Workshop on Machine Learning for User Modeling.
- Bobadilla, J., Ortega, F., Hernando, A., & Gutiérrez, A. (2013).** Recommender systems survey. *Knowledge-based systems*, 46, 109-132.
- Bridge, D., Göker, M. H., McGinty, L., & Smyth, B. (2005).** Case-based recommender systems. *The Knowledge Engineering Review*, 20(3), 315-320.
- Buettner, R. (2014, January).** A framework for recommender systems in online social network recruiting: An interdisciplinary call to arms. In *System Sciences (HICSS)*, 2014 47th Hawaii International Conference on (pp. 1415-1424). IEEE.

-
- Burke, R. (2002).** Hybrid recommender systems: Survey and experiments. *User modeling and user-adapted interaction*, 12(4), 331-370.
- Burke, R. (2005).** Hybrid systems for personalized recommendations. *Intelligent Techniques for Web Personalization*, 133-152.
- Carenini, G., Smith, J., & Poole, D. (2003, January).** Towards more conversational and collaborative recommender systems. In *Proceedings of the 8th international conference on Intelligent user interfaces* (pp. 12-18). ACM.
- Carmel, D., Zwerdling, N., Guy, I., Ofek-Koifman, S., Har'El, N., Ronen, I., ... & Chernov, S. (2009, November).** Personalized social search based on the user's social network. In *Proceedings of the 18th ACM conference on Information and knowledge management* (pp. 1227-1236). ACM.
- Castells, M. (1996).** *The Information Age: Economy, Society and Culture. Volume I. The rise of the network society.*
- Castells, M. (2010).** The information age. *Media Studies: A Reader*, 2(7), 152.
- Castells, M. (2015).** *Networks of outrage and hope: Social movements in the Internet age.* John Wiley & Sons.
- Cheng, H. T., Koc, L., Harmsen, J., Shaked, T., Chandra, T., Aradhya, H., ... & Anil, R. (2016, September).** Wide & deep learning for recommender systems. In *Proceedings of the 1st Workshop on Deep Learning for Recommender Systems* (pp. 7-10). ACM.
- Comer, D. E., & Droms, R. E. (2003).** *Computer networks and internets.* Prentice-Hall, Inc..

-
- Deng, Y., Lei, H., Li, X., & Lin, Y. (2018, May).** An improved deep neural network model for job matching. In 2018 International Conference on Artificial Intelligence and Big Data (ICAIBD). IEEE.
- Das, A. S., Datar, M., Garg, A., & Rajaram, S. (2007, May).** Google news personalization: scalable online collaborative filtering. In Proceedings of the 16th international conference on World Wide Web (pp. 271-280). ACM.
- Davidson, J., Liebald, B., Liu, J., Nandy, P., Van Vleet, T., Gargi, U., & Sampath, D. (2010, September).** The YouTube video recommendation system. In Proceedings of the fourth ACM conference on Recommender systems (pp. 293-296). ACM.
- Diaby, M., Viennet, E., & Launay, T. (2013, August).** Toward the next generation of recruitment tools: an online social network-based job recommender system. In Proceedings of the 2013 IEEE/ACM International Conference on Advances in Social Networks Analysis and Mining (pp. 821-828). ACM.
- Färber, F., Weitzel, T., & Keim, T. (2003).** An automated recommendation approach to selection in personnel recruitment. AMCIS 2003 proceedings, 302.
- Felfernig, A., Friedrich, G., & Schmidt-Thieme, L. (2007).** Guest editors' introduction: Recommender systems. IEEE Intelligent Systems, 22(3), 18-21.
- Felfernig, A., & Burke, R. (2008, August).** Constraint-based recommender systems: technologies and research issues. In Proceedings of the 10th international conference on Electronic commerce (p. 3). ACM.

-
- Fazel-Zarandi, M., & Fox, M. (2010).** Reasoning about skills and competencies. Collaborative Networks for a Sustainable World, 372-379.
- Fischer, G. (2001).** User modeling in human–computer interaction. User modeling and user-adapted interaction, 11(1), 65-86.
- George, T., & Merugu, S. (2005, November).** A scalable collaborative filtering framework based on co-clustering. In Data Mining, Fifth IEEE international conference on (pp. 4-pp). IEEE.
- Golbeck, J. (2006).** Generating predictive movie recommendations from trust in social networks. Trust Management, 93-104.
- Goldberg, D., Nichols, D., Oki, B. M., & Terry, D. (1992).** Using collaborative filtering to weave an information tapestry. Communications of the ACM, 35(12), 61-70.
- Gomez-Uribe, C. A., & Hunt, N. (2016).** The netflix recommender system: Algorithms, business value, and innovation. ACM Transactions on Management Information Systems (TMIS), 6(4), 13.
- Greiner, B. (2004).** An online recruitment system for economic experiments.
- Gross, B. M. (1964).** The managing of organizations: The administrative struggle (Vol. 2). [New York]: Free Press of Glencoe.
- Guan, Z., Bu, J., Mei, Q., Chen, C., & Wang, C. (2009, July).** Personalized tag recommendation using graph-based ranking on multi-type interrelated objects. In Proceedings of the 32nd international ACM SIGIR conference on Research and development in information retrieval (pp. 540-547). ACM.

-
- Hanani, U., Shapira, B., & Shoval, P. (2001).** Information filtering: Overview of issues, research and systems. *User modeling and user-adapted interaction*, 11(3), 203-259.
- Herlocker, J. L., Konstan, J. A., Terveen, L. G., & Riedl, J. T. (2004).** Evaluating collaborative filtering recommender systems. *ACM Transactions on Information Systems (TOIS)*, 22(1), 5-53.
- Hilbert, M. (2015).** A Review of Large-Scale" How Much Information?" Inventories: Variations, Achievements and Challenges. *Information Research: An International Electronic Journal*, 20(4), n4.
- Hofmann, T., & Puzicha, J. (1999, July).** Latent class models for collaborative filtering. In *IJCAI (Vol. 99, No. 1999)*.
- Hong, W., Li, L., Li, T., & Pan, W. (2013, August).** iHR: an online recruiting system for Xiamen Talent Service Center. In *Proceedings of the 19th ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining (pp. 1177-1185)*. ACM.
- Hong, W., Zheng, S., & Wang, H. (2013, April).** Dynamic user profile-based job recommender system. In *Computer Science & Education (ICCSE), 2013 8th International Conference on (pp. 1499-1503)*. IEEE.
- Humbert, M. (2007).** *Technology and workforce: Comparison between the information revolution and the industrial revolution* (No. LCA-STUDENT-2010-003).
- Ignatin, G. (2016).** U.S. Patent No. 9,311,817. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

-
- Jaeger, T. F. (2008).** Categorical data analysis: Away from ANOVAs (transformation or not) and towards logit mixed models. *Journal of memory and language*, 59(4), 434-446.
- Jannach, D. (2006).** Techniques for fast query relaxation in content-based recommender systems. In *Annual Conference on Artificial Intelligence* (pp. 49-63). Springer Berlin Heidelberg.
- Kara, K. C., Esen, S., Kahyalar, N., Karakas, A. A., & Aytekin, T. (2017, October).** Design and implementation of a job recommender system. In *Computer Science and Engineering (UBMK), 2017 International Conference on* (pp. 729-733). IEEE.
- Kato, M., & Kori, M. (2013).** U.S. Patent No. 8,442,926. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- Kenthapadi, K., Le, B., & Venkataraman, G. (2017, August).** Personalized job recommendation system at linkedin: Practical challenges and lessons learned. In *Proceedings of the Eleventh ACM Conference on Recommender Systems* (pp. 346-347). ACM.
- Knuth, D.E. (1968)** 'The Art of Computer Programming' Vol. I 'Fundamental Algorithms'. Addison-Wesley.
- Lai, C., Giuliani, A., & Semeraro, G. (Eds.). (2017).** Emerging Ideas on Information Filtering and Retrieval: DART 2013: Revised and Invited Papers (Vol. 746). Springer.
- Laumer, S., Gubler, F., Maier, C., & Weitzel, T. (2018, January).** Job Seekers' Acceptance of Job Recommender Systems: Results of an Empirical Study. In *Proceedings of the 51st Hawaii International Conference on System Sciences*.

- Lam, S. W. (2016).** Design and Develop an Intelligent Recommendation System: Job Candidate Recommender for ITC Industry in Hong Kong (Doctoral dissertation, Department of Computing, The Hong Kong Polytechnic University).
- Lee, D. H., & Brusilovsky, P. (2007, June).** Fighting information overflow with personalized comprehensive information access: A proactive job recommender. In *Autonomic and autonomous systems, 2007. ICAS07. Third international conference on* (pp. 21-21). IEEE.
- Levitin, D. J. (2014).** *The organized mind: Thinking straight in the age of information overload.* Penguin.
- Lian, J., Zhang, F., Hou, M., Wang, H., Xie, X., & Sun, G. (2017, August).** Practical Lessons for Job Recommendations in the Cold-Start Scenario. In *Proceedings of the Recommender Systems Challenge 2017* (p. 4). ACM.
- Linden, G., Smith, B., & York, J. (2003).** Amazon. com recommendations: Item-to-item collaborative filtering. *IEEE Internet computing*, 7(1), 76-80.
- Lops, P., De Gemmis, M., & Semeraro, G. (2011).** Content-based recommender systems: State of the art and trends. In *Recommender systems handbook* (pp. 73-105). Springer US.
- Lu, Y., El Helou, S., & Gillet, D. (2013, May).** A recommender system for job seeking and recruiting website. In *Proceedings of the 22nd International Conference on World Wide Web* (pp. 963-966). ACM.
- Malinowski, J., Keim, T., Wendt, O., & Weitzel, T. (2006, January).** Matching people and jobs: A bilateral recommendation approach. In *System Sciences, 2006. HICSS'06. Proceedings of the 39th Annual Hawaii International Conference on* (Vol. 6, pp. 137c-137c). IEEE.

- Malinowski, J., Weitzel, T., & Keim, T. (2008).** Decision support for team staffing: An automated relational recommendation approach. *Decision Support Systems*, 45(3), 429-447.
- Minkowski, H. (1911)** "Allgemeine Lehrsätze über die konvexe Polyeder." *Nachr. Ges. Wiss.*, 1897 : pp. 198–219 (=Ges. Abh., vol 2, pp. 103-121, Leipzig-Berlin, 1911).
- Montaner, M., López, B., & De La Rosa, J. L. (2003).** A taxonomy of recommender agents on the internet. *Artificial intelligence review*, 19(4), 285-330.
- Morishita, K., Hiroi, Y., & Ito, A. (2017).** A Crowd Avoidance Method Using Circular Avoidance Path for Robust Person Following. *Journal of Robotics*, 2017.
- Oberski, D. L., Vermunt, J. K., & Moors, G. B. (2015).** Evaluating measurement invariance in categorical data latent variable models with the EPC-interest. *Political analysis*, 23(4), 550-563.
- Omondi, A. O., & Mbugua, A. W. (2017).** An Application of association rule learning in recommender systems for e-Commerce and its effect on marketing.
- Paparrizos, I., Cambazoglu, B. B., & Gionis, A. (2011, October).** Machine learned job recommendation. In *Proceedings of the fifth ACM conference on Recommender systems* (pp. 325-328). ACM.
- Paterek, A. (2007, August).** Improving regularized singular value decomposition for collaborative filtering. In *Proceedings of KDD cup and workshop* (Vol. 2007, pp. 5-8).

-
- Poushter, J. (2016).** Smartphone ownership and internet usage continues to climb in emerging economies. Pew Research Center, 22.
- Pazzani, M. J., & Billsus, D. (2007).** Content-based recommendation systems. In *The adaptive web* (pp. 325-341). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Ravi, J., Yu, Z., & Shi, W. (2009).** A survey on dynamic Web content generation and delivery techniques. *Journal of Network and Computer Applications*, 32(5), 943-960.
- Reilly, J., Zhang, J., McGinty, L., Pu, P., & Smyth, B. (2007, June).** Evaluating compound critiquing recommenders: a real-user study. In *Proceedings of the 8th ACM conference on Electronic commerce* (pp. 114-123). ACM.
- Resnick, P., & Varian, H. R. (1997).** Recommender systems. *Communications of the ACM*, 40(3), 56-58.
- Reusens, M., Baesens, B., Lemahieu, W., & Sels, L. (2018).** Identifying successful search patterns for improved job recommendation.
- Ricci, F. (2002).** Travel recommender systems. *IEEE Intelligent Systems*, 17(6), 55-57.
- Ricci, F., Rokach, L., & Shapira, B. (2015).** Recommender systems: introduction and challenges. In *Recommender systems handbook* (pp. 1-34). Springer, Boston, MA.
- Sarwar, B., Karypis, G., Konstan, J., & Riedl, J. (2002, December).** Incremental singular value decomposition algorithms for highly scalable recommender systems. In *Fifth International Conference on Computer and Information Science* (pp. 27-28). Citeseer.

- Schafer, J. B., Konstan, J. A., & Riedl, J. (2001).** E-commerce recommendation applications. In Applications of data mining to electronic commerce (pp. 115-153). Springer US.
- Schafer, J. B., Frankowski, D., Herlocker, J., & Sen, S. (2007).** Collaborative filtering recommender systems. In The adaptive web (pp. 291-324). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Schwarzer, M., Breitinger, C., Schubotz, M., Meuschke, N., & Gipp, B. (2017, August).** Citolytics: A Link-based Recommender System for Wikipedia. In Proceedings of the Eleventh ACM Conference on Recommender Systems (pp. 360-361). ACM.
- Schwartz, B. (2015).** The paradox of choice. Positive Psychology in Practice: Promoting Human Flourishing in Work, Health, Education, and Everyday Life, Second Edition, 121-138.
- Singh, A., Rose, C., Visweswariah, K., Chenthamarakshan, V., & Kambhatla, N. (2010, October).** PROSPECT: a system for screening candidates for recruitment. In Proceedings of the 19th ACM international conference on Information and knowledge management (pp. 659-668). ACM.
- Smith, B., & Linden, G. (2017).** Two Decades of Recommender Systems at Amazon. com. IEEE Internet Computing, 21(3), 12-18.
- Taghipour, N., & Kardan, A. (2008, March).** A hybrid web recommender system based on q-learning. In Proceedings of the 2008 ACM symposium on Applied computing (pp. 1164-1168). ACM.
- Taghipour, N., Kardan, A., & Ghidary, S. S. (2007, October).** Usage-based web recommendations: a reinforcement learning approach. In Proceedings

of the 2007 ACM conference on Recommender systems (pp. 113-120). ACM.

Toffler, A. (1970). Future shock, 1970. Sydney. Pan.

Tran, M. L., Nguyen, A. T., Nguyen, Q. D., & Huynh, T. (2017, June). A comparison study for job recommendation. In Information and Communications (ICIC), 2017 International Conference on (pp. 199-204). IEEE.

Tripathi, P., Agarwal, R., & Vashishtha, T. (2016, March). Review of job recommender system using big data analytics. In Computing for Sustainable Global Development (INDIACom), 2016 3rd International Conference on (pp. 3773-3777). IEEE.

Wang, H., Wang, N., & Yeung, D. Y. (2015, August). Collaborative deep learning for recommender systems. In Proceedings of the 21th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (pp. 1235-1244). ACM.

Yagci, M., & Gurgun, F. (2017, August). A Ranker Ensemble for Multi-objective Job Recommendation in an Item Cold Start Setting. In Proceedings of the Recommender Systems Challenge 2017 (p. 2). ACM.

Yang, X., Guo, Y., & Liu, Y. (2013). Bayesian-inference-based recommendation in online social networks. IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems, 24(4), 642-651.

Yang, S., Korayem, M., AlJadda, K., Grainger, T., & Natarajan, S. (2017). Combining content-based and collaborative filtering for job recommendation system: A cost-sensitive Statistical Relational Learning approach. Knowledge-Based Systems, 136, 37-45.

- Yapriady, B., & Uitdenbogerd, A. L. (2005, September).** Combining demographic data with collaborative filtering for automatic music recommendation. In International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information and Engineering Systems (pp. 201-207). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Yu, X., Pan, A., Tang, L. A., Li, Z., & Han, J. (2011, July).** Geo-friends recommendation in gps-based cyber-physical social network. In Advances in Social Networks Analysis and Mining (ASONAM), 2011 International Conference on (pp. 361-368). IEEE.
- Zanker, M., Jessenitschnig, M., & Schmid, W. (2010).** Preference reasoning with soft constraints in constraint-based recommender systems. *Constraints*, 15(4), 574-595.
- Zhang, C., & Cheng, X. (2016, September).** An ensemble method for job recommender systems. In Proceedings of the Recommender Systems Challenge (p. 2). ACM.
- Zhang, F., Yuan, N. J., Lian, D., Xie, X., & Ma, W. Y. (2016, August).** Collaborative knowledge base embedding for recommender systems. In Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD international conference on knowledge discovery and data mining (pp. 353-362). ACM.
- Zhang, Z., Lin, H., Liu, K., Wu, D., Zhang, G., & Lu, J. (2013).** A hybrid fuzzy-based personalized recommender system for telecom products/services. *Information Sciences*, 235, 117-129.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ «Α»

Οδηγίες Εγκατάστασης Συστήματος Σύστασης Εργασίας-Εργαζομένου

Λήψη λογισμικού WampServer

Η λειτουργία του προτεινόμενου Συστήματος Σύστασης Εργασίας-Εργαζομένου βασίζεται σε μία *διαδικτυακή εφαρμογή*³⁹ *δυναμικού περιεχομένου*⁴⁰. Αποτελείται από έναν εξυπηρετητή, το λογισμικό της διεπαφής και την βάση δεδομένων. Η εφαρμογές αυτού του είδους, σε σχέση με εκείνες που εγκαθίστανται τοπικά, έχουν περισσότερα πλεονεκτήματα, όπως: άμεση πρόσβαση από οποιαδήποτε συσκευή, δυνατότητα χρήσης ανεξαρτήτου τοποθεσίας, μικρό ποσοστό κατανάλωσης πόρων συστήματος, δεν καταλαμβάνουν μεγάλο χώρο στο δίσκο, ευκολία αναβάθμισης, κ.α., γεγονός που τις καθιστά πιο δημοφιλείς και κατ' επέκταση περιζήτητες (**Comer & Droms, 2003**).



Εικόνα 13. Λήψη του Λογισμικού Εξυπηρετητή WampServer

³⁹ Διαδικτυακή εφαρμογή (web application ή web app) ονομάζεται κάθε εφαρμογή η οποία είναι διαθέσιμη στους χρήστες της μέσω του Διαδικτύου (Internet) ή του ενδοδικτύου (Intranet) μιας εταιρίας και ο χρήστης χρειάζεται μόνο τον περιηγητή του για να την χρησιμοποιήσει. Οι εφαρμογές αυτές συνήθως εκτελούνται σε ισχυρές υπολογιστικές μηχανές οι οποίες έχουν τον ρόλο του σταθμού εξυπηρέτησης και παρέχουν τις υπηρεσίες τους σε περισσότερους του ενός χρήστη (**Comer & Droms, 2003**).

⁴⁰ Δυναμικού περιεχομένου ονομάζονται οι ιστοσελίδες που για την λειτουργία τους απαιτούνται "Βάσεις Δεδομένων" μέσα στις οποίες αποθηκεύονται αλλά και ανακτώνται πληροφορίες σχετικές με το περιεχόμενο της ιστοσελίδας (**Ravi et al., 2009**).

Στην εφαρμογή μας ο εξυπηρετητής που επιλέχθηκε είναι ο WampServer και παρακάτω θα περιγράψουμε τα βήματα εγκατάστασης του σε έναν υπολογιστή με Λειτουργικό Σύστημα Windows. Ο WampServer είναι ένας εξυπηρετητής διαδικτυακών εφαρμογών που υποστηρίζει MySQL⁴¹ και PHP⁴². Αρχικά από την επίσημη ιστοσελίδα www.wampserver.com γίνεται λήψη του αρχείου εγκατάστασης. Επιλέγουμε για λήψη, ανάλογα με τις δυνατότητες του λειτουργικού συστήματος του υπολογιστή, το 32-bit ή 64-bit πακέτο εγκατάστασης (**Εικόνα 13**).

Εγκατάσταση Λογισμικού

Με την ολοκλήρωση της λήψης ξεκινά η διαδικασία εγκατάστασης. Εκτελούμε το αρχείο που λήφθηκε και επιλέγουμε «επόμενο» (next) (**Εικόνα 14**), αποδεχόμαστε την άδεια χρήσης του λογισμικού και στη συνέχεια επιλέγουμε τον φάκελο στον οποίο θα γίνει η εγκατάσταση του WampServer (**Εικόνα 15**). Το προεπιλεγμένο μονοπάτι στο σύστημα αρχείων είναι το c:\wamp, παρόλα αυτά η εγκατάσταση μπορεί να γίνει σε οποιοδήποτε κατάλογο του σκληρού δίσκου. Έπειτα επιβεβαιώνουμε τις ρυθμίσεις εγκατάστασης και πατάμε την επιλογή «εγκατάσταση» (Install).

Κατά την διάρκεια της εγκατάστασης προβάλλεται ερώτημα για τον προεπιλεγμένο περιηγητή (web browser). Ο Internet Explorer είναι η προεπιλεγμένη επιλογή αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθεί και οποιοσδήποτε άλλος. Μετά από αυτό το βήμα το λογισμικό εξυπηρετητή WampServer έχει εγκατασταθεί στον υπολογιστή και είναι έτοιμο για χρήση.

⁴¹ Σύμφωνα με την επίσημη ιστοσελίδα <https://www.mysql.com/>, η MySQL είναι ένα σύστημα διαχείρισης σχεσιακών βάσεων δεδομένων που μετρά περισσότερες από 11 εκατομμύρια εγκαταστάσεις. Έλαβε το όνομά της από την κόρη του Μόντυ Βιντένιους, τη Μάι (αγγλ. My). Το πρόγραμμα τρέχει έναν εξυπηρετητή (server) παρέχοντας πρόσβαση πολλών χρηστών σε ένα σύνολο βάσεων δεδομένων (ανάκτηση 25-4-2018).

⁴² Σύμφωνα με το βασικό εγχειρίδιο εκμάθησης της PHP (Hypertext Preprocessor) <http://de2.php.net/manual>, η PHP είναι μια γλώσσα προγραμματισμού για τη δημιουργία ιστοσελίδων με δυναμικό περιεχόμενο. Μια σελίδα PHP περνά από ένα συμβατό διακομιστή του Παγκόσμιου Ιστού (π.χ. Apache), ώστε να παραχθεί σε πραγματικό χρόνο το τελικό περιεχόμενο, που είτε θα σταλεί στο πρόγραμμα περιήγησης των επισκεπτών σε μορφή κώδικα HTML ή θα επεξεργασθεί τις εισόδους δίχως να προβάλλει την έξοδο στο χρήστη, αλλά θα τις μεταβιβάσει σε κάποιο άλλο PHP script (ανάκτηση 25-4-2018).



Εικόνα 14. Εγκατάσταση Λογισμικού Εξυπηρετητή WampServer



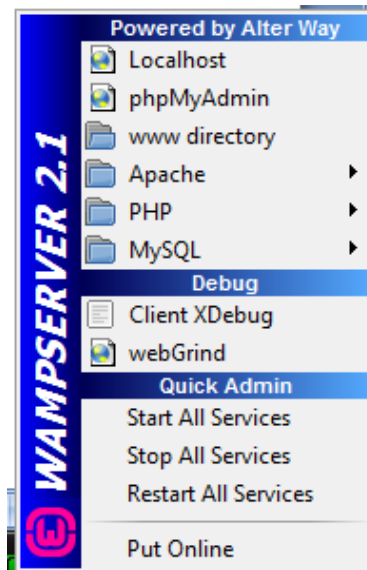
Εικόνα 15. Επιλογή του φακέλου στον οποίο θα γίνει η εγκατάσταση του Εξυπηρετητή WampServer

Έλεγχος Εγκατάστασης

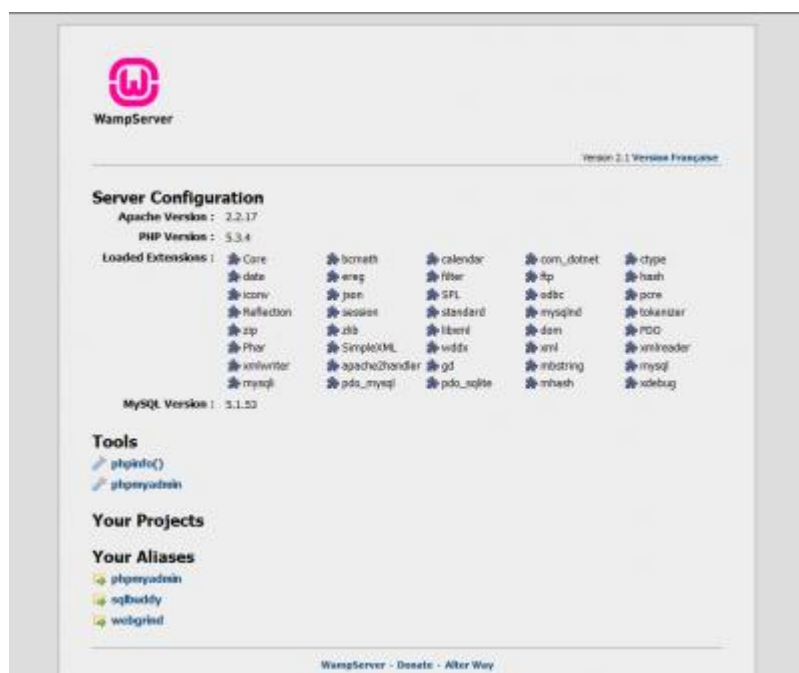
Πριν προχωρήσουμε στις ρυθμίσεις του εξυπηρετητή WampServer, ελέγχουμε ότι η εγκατάσταση έγινε σωστά και ότι όλα λειτουργούν μέσω της κύριας κονσόλας ελέγχου (**Εικόνα 16**). Χρησιμοποιώντας το εικονίδιο του εξυπηρετητή WampServer που δημιουργήθηκε στην επιφάνεια εργασίας ή πατώντας «Έναρξη» (Start) → «Όλα τα προγράμματα» (All Programs) → WampServer → start WampServer, ενεργοποιούμε την κονσόλα ελέγχου. Θα εμφανιστεί στο κάτω δεξιό μέρος της οθόνης.

Στην περίπτωση που το WAMP δεν έχει ξεκινήσει, πατάμε «Start All Services». Για να βεβαιωθούμε ότι ο WAMP εκτελείται, ελέγχουμε το μικρό πράσινο εικονίδιο «W» το οποίο βρίσκεται στην γραμμή εργαλείων. Αν είναι

κόκκινο, οι υπηρεσίες WAMP είναι σταματημένες, αν είναι πράσινο σημαίνει ότι ό λειτουργούν, ενώ αν είναι πορτοκαλί σημαίνει ότι μέρος των υπηρεσιών εκτελούνται. Στη συνέχεια από την κονσόλα ελέγχου του WAMP, πατάμε «Localhost». Θα εμφανιστεί στον προεπιλεγμένο περιηγητή (web browser) η αρχική σελίδα του WAMP, που είναι και η διεπαφή ελέγχου των ρυθμίσεων του λογισμικού του εξυπηρετητή WampServer (**Εικόνα 17**).



Εικόνα 16. Κονσόλα Ελέγχου Εξυπηρετητή WampServer



Εικόνα 17. Διεπαφή Ελέγχου Ρυθμίσεων Λογισμικού Εξυπηρετητή WampServer

Ρυθμίζοντας το rhpMyAdmin

Το τελευταίο βήμα είναι να δημιουργήσουμε ένα κωδικό για το rhpMyAdmin. Πολλοί χρήστες παραβλέπουν αυτό το βήμα γιατί ο server δεν θα είναι *ενεργός* (*live*), οπότε θεωρούν ότι η βάση δεδομένων που θα χρησιμοποιήσουν δεν χρειάζεται προστασία. Αυτό δεν είναι απόλυτα σωστό και εγκυμονεί κινδύνους σε περίπτωση που ο υπολογιστής μας δεχθεί κυβερνοεπίθεση.

Για να αλλάξετε τον κωδικό θα πρέπει να πλοηγηθούμε στο αρχείο rhpMyAdmin, το οποίο βρίσκεται στην θέση C:/wamp/apps/rhpmyadmin3.x.x. Ανοίγουμε για επεξεργασία το αρχείο config.inc.php και στις ακόλουθες γραμμές **(Εικόνα 18)** κάνουμε τις εξής ρυθμίσεις: όπου εμφανίζεται «xxxxx», εισάγουμε τον κωδικό μας και στην εγγραφή «AllowNoPassword», αλλάζουμε την τιμή σε *false*. Μετά και από την ενέργεια ο Εξυπηρετητή WampServer είναι έτοιμος προς χρήση.

```
$cfg['Servers'][$i]['user'] = 'root';  
$cfg['Servers'][$i]['password'] = 'xxxxx';  
$cfg['Servers'][$i]['AllowNoPassword'] = true;
```

Εικόνα 18. Ρυθμίσεις ασφαλείας Εξυπηρετητή WampServer





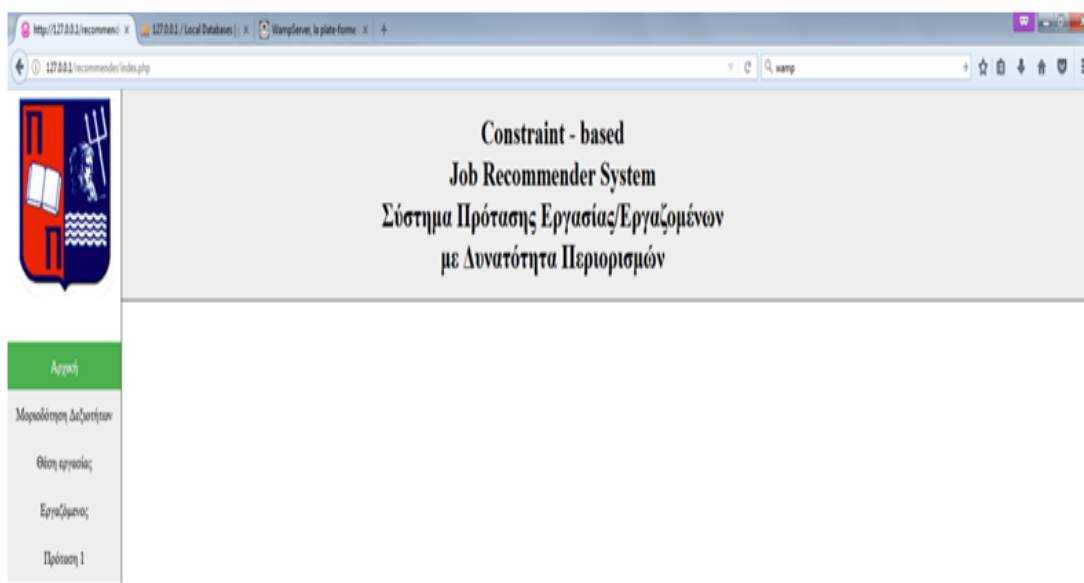
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ «Β»

Οδηγίες Χρήσης Διεπαφής Συστήματος Σύστασης Εργασίας-Εργαζομένου

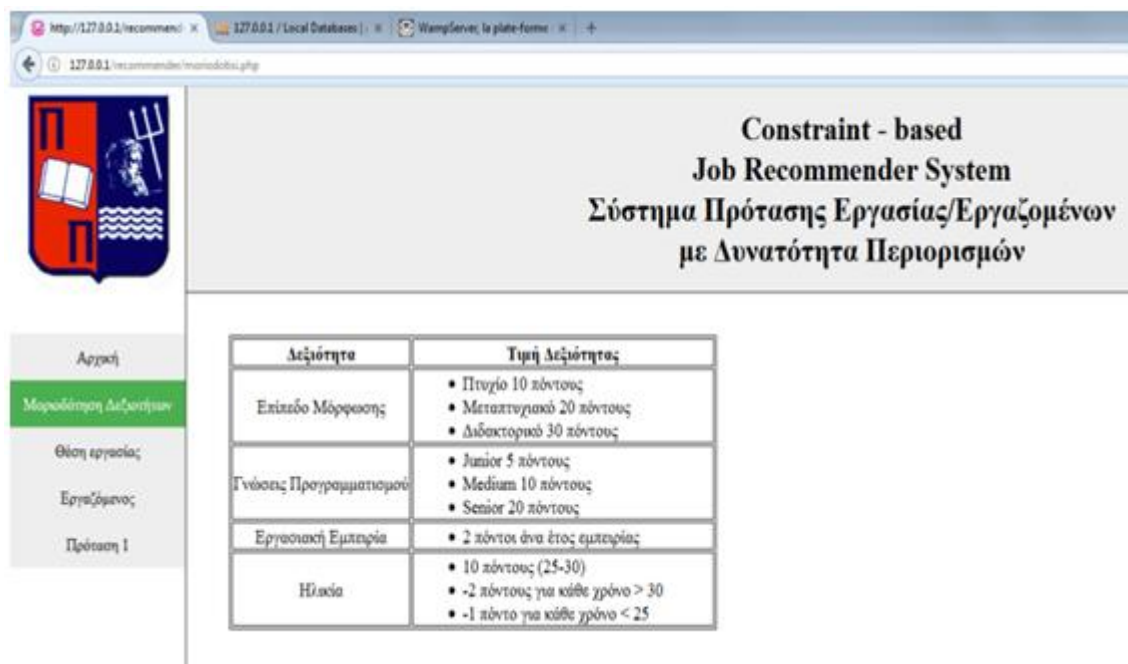
Η διεπαφή που αναπτύξαμε περιλαμβάνει όλα εκείνα τα στάδια που περιγράφηκαν με λεπτομέρεια στην παρούσα διατριβή. Επιβεβαιώνεται το γεγονός ότι ένα Σύστημα Σύστασης πρέπει να διαθέτει μία εύχρηστη διεπαφή ανθρώπου-υπολογιστή, ώστε να ανταποκρίνεται με αποτελεσματικότητα στο ρόλο του. Η διεπαφή που παρουσιάζουμε ακολουθεί την αρχιτεκτονική υψηλού επιπέδου που αναλύθηκε στο 4ο Κεφάλαιο και υλοποιεί τα τρία βασικά συστατικά α) Μοντελοποίηση, β) Ενσωμάτωση Απαιτήσεων και γ) Μηχανισμός Σύστασης.

Αρχική Σελίδα

Όπως φαίνεται στην **Εικόνα 19** η εφαρμογή στην αρχική σελίδα διαθέτει μενού επιλογών (αριστερά). Οι επιλογές είναι: «Μοριοδότηση Δεξιοτήτων», «Θέση εργασίας», «Εργαζόμενος» και «Πρόταση». Κάθε επιλογή του μενού υλοποιεί και μία λειτουργία, που αναπτύσσεται αναλυτικά παρακάτω.



Εικόνα 19. Η αρχική σελίδα της διεπαφής του «Συστήματος Πρότασης Εργασίας/Εργαζομένου»



Δεξιότητα	Τιμή Δεξιότητας
Επίπεδο Μόρφωσης	<ul style="list-style-type: none">• Πτυχίο 10 πόντους• Μεταπτυχιακό 20 πόντους• Διδακτορικό 30 πόντους
Γνώσεις Προγραμματισμού	<ul style="list-style-type: none">• Junior 5 πόντους• Medium 10 πόντους• Senior 20 πόντους
Εργασιακή Εμπειρία	<ul style="list-style-type: none">• 2 πόντοι ανά έτος εμπειρίας
Ηλικία	<ul style="list-style-type: none">• 10 πόντους (25-30)• -2 πόντους για κάθε χρόνο > 30• -1 πόντο για κάθε χρόνο < 25

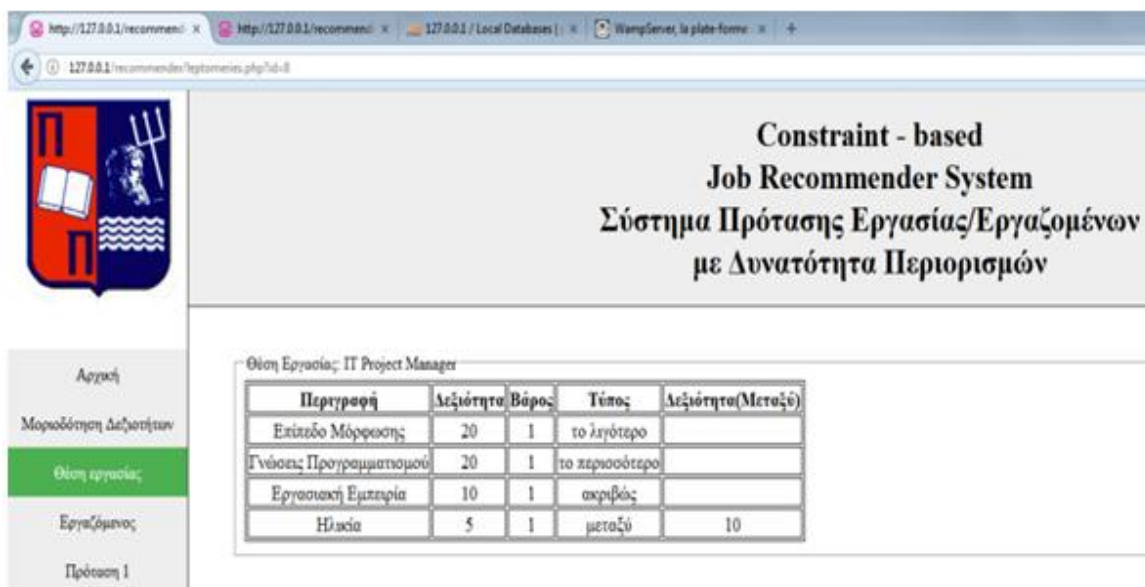
Εικόνα 20. Δημιουργία επιθυμητού πίνακα βαθμολόγησης- «Μοριοδότηση Δεξιοτήτων»

Μοριοδότηση Δεξιοτήτων

Επιλέγοντας την «Μοριοδότηση Δεξιοτήτων» **Εικόνα 20** έχουμε την δυνατότητα να επεξεργαστούμε τις δεξιότητες και τις τιμές αυτών, ώστε το σύστημά μας να δημιουργήσει τα αντίστοιχα μοντέλα εργασίας και εργαζομένου. Ουσιαστικά στο σημείο αυτό δημιουργούμε τον δικό μας πίνακα βαθμολόγησης και μπορούμε να κλιμακώσουμε τις βαθμολογίες στο επιθυμητό εύρος τιμών για κάθε δεξιότητα.

Θέση εργασίας

Στην επόμενη επιλογή του μενού μας «Θέση εργασίας», μπορούμε να δημιουργήσουμε μια θέση εργασίας και να προσθέσουμε τα προσόντα που απαιτεί ο εργοδότης, καθώς και το εύρος τιμών που επιθυμεί να έχει κάθε δεξιότητα. Ακόμη, στο ίδιο μενού μπορούμε να διαγράψουμε παλιότερες θέσεις εργασίας, που πλέον δεν μας είναι χρήσιμες. Επίσης, μπορούμε να τροποποιήσουμε μια θέση εργασίας αλλάζοντας τα δεδομένα που έχουμε εισάγει προηγουμένως. Μετά από τις αλλαγές μας, τα στοιχεία της θέσης εργασίας που



Περιγραφή	Δεξιότητα	Βάρος	Τύπος	Δεξιότητα(Μεταξύ)
Επίπεδο Μόρφωσης	20	1	το λιγότερο	
Γνώσεις Προγραμματισμού	20	1	το περισσότερο	
Εργασιακή Εμπειρία	10	1	ακριβώς	
Ηλικία	5	1	μεταξύ	10

Εικόνα 21. Μοντελοποίηση της Οντότητας «Θέση Εργασίας»

δημιουργήσαμε ή τροποποιήσαμε φαίνονται σε έναν ευκρινή πίνακα (**Εικόνα 21**). Τέλος υπάρχει η δυνατότητα να εισάγουμε περισσότερες από μία θέσης εργασίας και να παραμείνουν αποθηκευμένες για μελλοντική χρήση στην βάση δεδομένων του συστήματος μας.

Εργαζόμενος

Κατά παρόμοιο τρόπο με τις εργασίες μπορούμε να διαχειριστούμε τους υποψήφιους εργαζόμενους, δηλαδή να προσθέσουμε νέους εργαζόμενους και να δώσουμε τιμές στις δεξιότητές τους, να τροποποιήσουμε το προφίλ ενός ήδη καταχωρημένου εργαζόμενου και τέλος να δούμε το αποτέλεσμα σε έναν ευκρινή πίνακα (**Εικόνα 22**).

Παραγωγή Προτάσεων

Αφού έχουμε τροφοδοτήσει με δεδομένα το σύστημά μας, μπορούμε να ξεκινήσουμε την διαδικασία παραγωγής προτάσεων. Αρχικά επιλέγουμε από την δεξαμενή θέσεων εργασίας, εκείνη την εργασία για την οποία ενδιαφερόμαστε να στελεχωθεί. Στην συνέχεια επιλέγουμε από την δεξαμενή των υποψηφίων



Εικόνα 22. Μοντελοποίηση οντότητας «Εργαζομένου»



Εικόνα 23. Ταξινομημένη λίστα προτάσεων με βάση την καταλληλότητα

εργαζομένων, εκείνους τους υποψήφιους που ενδιαφέρονται για την συγκεκριμένη θέση.

Μετά την εκτέλεση του αλγορίθμου μας, θα πάρουμε τις ακόλουθες προτάσεις για την επιλεγμένη θέση εργασίας (**Εικόνα 23**). Η λίστα είναι ταξινομημένη με βάση την καταλληλότητα. Όσο πιο κατάλληλος τόσο πιο ψηλά στην λίστα προτάσεων εμφανίζεται ένας υποψήφιος. Το αποτέλεσμα μπορεί να είναι

- α) *Θετικό*, δηλαδή ο υποψήφιος υπερκαλύπτει τις απαιτήσεις.
- β) *Μηδέν (0)*, δηλαδή ο υποψήφιος διαθέτει ακριβώς τις απαιτήσεις της θέσης εργασίας.
- γ) *αρνητικό*, δηλαδή ο υποψήφιος δεν πληροί τις απαιτήσεις.

Επίσης υπάρχει η δυνατότητα σελιδοποίησης του πίνακα, δηλαδή να εμφανίζει υποψήφιους π.χ. ανά πέντε.

Εν κατακλείδι, το τελικό προϊόν, η λίστα των προτάσεων, δίδεται στον εργοδότη για εκμετάλλευση και περαιτέρω αξιολόγηση. Η ανάδραση του εργοδότη μπορεί να γίνει μέσω της *Μοριοδότηση Δεξιοτήτων* και της *Μοντελοποίησης της Θέσης Εργασίας*.





ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ «Γ»

Λειτουργικός Κώδικας Προγραμματισμού Συστήματος Σύστασης Εργασίας-Εργαζομένου

Η εφαρμογή του *Συστήματος Σύστασης Εργασίας-Εργαζομένου* αποτελείται από την διεπαφή και την βάση δεδομένων. Η διεπαφή κατασκευάστηκε με την γλώσσα υπερκειμένου HTML⁴³ και το στυλ της εμφάνισης της διεπαφής διαμορφώθηκε με την γλώσσα CSS⁴⁴. Η βάση δεδομένων δομήθηκε με γλώσσα SQL⁴⁵ ενώ η δυναμική επικοινωνία της διεπαφής με την βάση δεδομένων της εφαρμογής πραγματοποιείται μέσω της γλώσσας προγραμματισμού PHP⁴⁶.

Συστατικά Εφαρμογής	Όνομα αρχείου	Γλώσσα Προγραμματισμού
Βάση Δεδομένων	recommender.sql	SQL
Διεπαφή	Index.php moriidotisi.php thesi_ergasias.php ergazomenos.php recommendation.php	HTML PHP
Στυλ Διεπαφής	layout.css	CSS

Πίνακας 40. Αρχεία και Γλώσσες Προγραμματισμού των Συστατικών της Εφαρμογής

⁴³ Η HTML (HyperText Markup Language) είναι η κύρια γλώσσα σήμανσης για τις ιστοσελίδες, και τα στοιχεία της είναι τα βασικά δομικά στοιχεία των ιστοσελίδων

⁴⁴ Η CSS (Cascading Style Sheets) είναι μια γλώσσα υπολογιστή που χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της εμφάνισης ενός εγγράφου που γράφτηκε στις γλώσσες HTML και XHTML, δηλαδή για τον έλεγχο της εμφάνισης μιας ιστοσελίδας και γενικότερα ενός ιστοτόπου. Η CSS είναι μια γλώσσα υπολογιστή προορισμένη να αναπτύσσει στυλιστικά μια ιστοσελίδα δηλαδή να διαμορφώνει περισσότερα χαρακτηριστικά, χρώματα, στοίχιση και δίνει περισσότερες δυνατότητες σε σχέση με την html.

⁴⁵ Η SQL (Structured Query Language) είναι μία γλώσσα υπολογιστών στις βάσεις δεδομένων, που σχεδιάστηκε για τη διαχείριση δεδομένων σε ένα σύστημα διαχείρισης σχεσιακών βάσεων δεδομένων (Relational Database Management System, RDBMS). Η γλώσσα περιλαμβάνει δυνατότητες ανάκτησης και ενημέρωσης δεδομένων, δημιουργίας και τροποποίησης σχημάτων και σχεσιακών πινάκων, αλλά και ελέγχου πρόσβασης στα δεδομένα.

⁴⁶ Βλ. υποσ. 42

Τα αρχεία που απαιτήθηκαν για την εφαρμογή και αντίστοιχα η γλώσσα προγραμματισμού που χρησιμοποιήθηκε, παρουσιάζονται στον **Πίνακα 40**. Αναλυτικά ο κώδικας των αρχείων της εφαρμογής αναπτύσσεται παρακάτω:

Κώδικας Δημιουργίας Βάσης Δεδομένων

Όνομα αρχείου: **recommender.sql**

```
-- phpMyAdmin SQL Dump
-- version 4.6.4
-- https://www.phpmyadmin.net/
-- Φιλοξενητής: 127.0.0.1
-- Χρόνος δημιουργίας: 29 Μάη 2017 στις 12:15:25
-- Έκδοση διακομιστή: 5.7.14
-- Έκδοση PHP: 5.6.25

SET SQL_MODE = "NO_AUTO_VALUE_ON_ZERO";
SET time_zone = "+00:00";
--
-- Βάση δεδομένων: `recommender`
--
-----
-- Δομή πίνακα `ergazomenos`
-----

CREATE TABLE `ergazomenos`
  (`id` int(11) NOT NULL,
   `name` varchar(20) NOT NULL,
   `surname` varchar(20) NOT NULL,
   `skill1` int(11) NOT NULL,
   `skill2` int(11) NOT NULL,
   `skill3` int(11) NOT NULL,
   `skill4` int(11) NOT NULL)
ENGINE=MyISAM DEFAULT CHARSET=latin1;
ALTER TABLE `ergazomenos` ADD PRIMARY KEY (`id`);
```



```
AUTO_INCREMENT για πίνακα `ergazomenos`
ALTER TABLE `ergazomenos` MODIFY `id` int(11) NOT NULL
AUTO_INCREMENT, AUTO_INCREMENT=13;
--
-----
-- Δομή πίνακα `thesi_ergasias`
-----
CREATE TABLE `thesi_ergasias`
  (`id` int(11) NOT NULL,
   `name` varchar(50) NOT NULL,
   `skill1` int(11) NOT NULL,
   `skill2` int(11) NOT NULL,
   `skill3` int(11) NOT NULL,
   `skill4` int(11) NOT NULL,
   `skill12` int(11) DEFAULT NULL,
   `skill22` int(11) DEFAULT NULL,
   `skill32` int(11) DEFAULT NULL,
   `skill42` int(11) DEFAULT NULL,
   `type1` int(11) NOT NULL DEFAULT '3',
   `type2` int(11) NOT NULL DEFAULT '3',
   `type3` int(11) NOT NULL DEFAULT '3',
   `type4` int(11) NOT NULL DEFAULT '3',
   `weight1` float NOT NULL,
   `weight2` float NOT NULL,
   `weight3` float NOT NULL,
   `weight4` float NOT NULL)
ENGINE=MyISAM DEFAULT CHARSET=latin1;
ALTER TABLE `thesi_ergasias` ADD PRIMARY KEY (`id`);
AUTO_INCREMENT για πίνακα `thesi_ergasias`
ALTER TABLE `thesi_ergasias` MODIFY `id` int(11) NOT NULL
AUTO_INCREMENT, AUTO_INCREMENT=8;
--
```

Κώδικας Δημιουργίας Μενού Διεπαφής Συστήματος

Όνομα αρχείου: `index.php`

```
<!DOCTYPE html>
<html>
  <head>
    <meta charset="UTF-8">
    <link href="layout.css" rel="stylesheet"
type="text/css" />
  </head>
  <body>
    <div class="header">
      <h1 style="margin-top:0px;padding-
top:20px;">Constraint - based<br>Job Recommender
System<br>Σύστημα Πρότασης Εργασίας/Εργαζομένων<br>με
Δυνατότητα Περιορισμών</h1>
    </div>
    <div class="sidebar">
      
      <div class="vertical-menu">
        <a href="index.php" class="active">
Αρχική</a>
        <a href="moriodotisi.php">Μοριοδότηση
Δεξιότητων</a>
        <a href="thesi-ergasias.php">Θέση
εργασίας</a>
        <a href="ergazomenos.php">Εργαζόμενος</a>
        <a href="recommendation.php">Πρόταση 1</a>
      </div>
    </body>
</html>
```

Κώδικας Διαμόρφωσης Στυλ Διεπαφής

Όνομα αρχείου: `layout.css`

```
body {
margin: 0;
padding: 0;
}
.main {
width:auto;
margin-top: 40px;
margin-left: 250px;
margin-right: 50px;
overflow:auto;
}
.header {
border-bottom: 1px solid #111;
background-color: #eee; /* Grey background color */
text-align:center;
}
ul {
list-style-position: inside;
margin: 0 auto;
position: relative;
text-align: left;
width: 300px;
}
.sidebar {
background-color: white;
position:fixed;
width: 200px;
height: 100%;
top: 0;
left: 0;
```

```
border-right: 1px solid #111;
text-align: center;
}
.vertical-menu a {
background-color: #eee; /* Grey background color */
color: black; /* Black text color */
display: block; /* Make links appear below each other */
padding: 12px; /* Add some padding */
text-decoration: none; /* Remove underline from links */
}
.vertical-menu a:hover {
background-color: #ccc; /* Darkgrey bground on mouseover */
}
.vertical-menu a.active {
background-color: #4CAF50; /* Add a green color to the
"active/current" link */
color: white;
}

table {
text-align: center;
vertical-align: middle;
}
table, th, td {
border: 1px solid black;
font-size: large;
}
.a {
display: table-row;
}
.a div {
display: table-cell;
}
```

Κώδικας Δημιουργίας Διεπαφής Μοριοδότησης

Όνομα αρχείου: moriodotisi.php

```
<!DOCTYPE html>
<html>
  <head>
    <meta charset="UTF-8">
    <link href="layout.css" rel="stylesheet"
type="text/css" />
  </head>
  <body>
    <div class="header">
      <h1 style="margin-top:0px;padding-top:20px;">
        Constraint - based<br>
        Job Recommender System<br>
        Σύστημα Πρότασης Εργασίας/Εργαζομένων<br>
        με Δυνατότητα Περιορισμών
      </h1>
    </div>
    <div class="sidebar">
      
      <div class="vertical-menu">
        <a href="index.php">Αρχική</a>
        <a href="moriodotisi.php"
class="active">Μοριοδότηση Δεξιότητων</a>
        <a href="thesi-ergasias.php">Θέση
εργασίας</a>
        <a href="ergazomenos.php">Εργαζόμενος</a>
        <a href="recommendation.php">Πρόταση 1</a>
      </div>
    <div class="main">
      <table>
```

```
<tr>
  <th>Δεξιότητα</th><th>Τιμή Δεξιότητας</th>
</tr>
<tr>
  <td>Επίπεδο Μόρφωσης</td>
  <td>
    <ul>
      <li>Πτυχίο 10 πόντους</li>
      <li>Μεταπτυχιακό 20 πόντους</li>
      <li>Διδακτορικό 30 πόντους</li>
    </ul>
  </td>
</tr>
<tr>
  <td>Γνώσεις Προγραμματισμού</td>
  <td>
    <ul>
      <li>Junior 5 πόντους</li>
      <li>Medium 10 πόντους</li>
      <li>Senior 20 πόντους</li>
    </ul>
  </td>
</tr>
<tr>
  <td>Εργασιακή Εμπειρία</td>
  <td>
    <ul>
      <li>2 πόντοι άνα έτος
εμπειρίας</li>
    </ul>
  </td>
</tr>
<tr>
  <td>Ηλικία</td>
  <td>
```

```

                <ul>
                    <li>10 πόντους (25-30)</li>
                    <li>-2 πόντους για κάθε χρόνο >
30</li>
                    <li>-1 πόντο για κάθε χρόνο <
25</li>
                <ul>
            </td>
        </tr>
    </table>
</div>

</body>
</html>
```

Κώδικας Διεπαφής Διαχείρισης «Θέσης Εργασίας»

Όνομα αρχείου: thesi-ergasias.php

```
<?php
$conn = new mysqli("127.0.0.1", "root", "", "recommender");

// Check connection
    if ($conn->connect_error) { die("Connection failed: "
.
                $conn->connect_error);}

    if ($_SERVER['REQUEST_METHOD'] == 'POST') {
        $name = $_POST['descr'];
        $skill1 = $_POST['edulevel'];
        $skill2 = $_POST['progskills'];
        $skill3 = $_POST['woexp'];
        $skill4 = $_POST['age'];
        $skill12 = $_POST['edulevel2'];
        $skill22 = $_POST['progskills2'];
```

```
$skill132 = $_POST['woexp2'];
$skill142 = $_POST['age2'];
$skill112 = !empty($skill112) ? $skill112 : "NULL";
$skill122 = !empty($skill122) ? $skill122 : "NULL";
$skill132 = !empty($skill132) ? $skill132 : "NULL";
$skill142 = !empty($skill142) ? $skill142 : "NULL";
$type1 = $_POST['compType1'];
$type2 = $_POST['compType2'];
$type3 = $_POST['compType3'];
$type4 = $_POST['compType4'];
$weight1 = $_POST['weight1'];
$weight2 = $_POST['weight2'];
$weight3 = $_POST['weight3'];
$weight4 = $_POST['weight4'];

if (isset($_GET["neos"])) {
    $sql = "INSERT INTO thesi_ergasias (name, skill11,
skill12, skill13, skill14, skill112, skill122, skill132, skill142,
type1, type2, type3, type4, weight1, weight2, weight3,
weight4)
VALUES ('$name', $skill11, $skill12, $skill13,
$skill14, $skill112, $skill122, $skill132, $skill142, $type1,
$type2, $type3, $type4, $weight1, $weight2, $weight3,
$weight4)";
    if ($conn->query($sql) !== TRUE) {echo "Error: "
. $sql . "<br>" . $conn->error;}
} else if (isset($_GET["allagh"])) {
    $id = $_POST['id'];
    $sql = "UPDATE thesi_ergasias SET
name='$name',
skill11=$skill11,
skill12=$skill12,
skill13=$skill13,
skill14=$skill14,
type1=$type1,
type2=$type2,
```



```
        type3=$type3,
        type4=$type4,
        weight1=$weight1,
        weight2=$weight2,
        weight3=$weight3,
        weight4=$weight4,
        skill112=$skill112,
        skill122=$skill122,
        skill132=$skill132,
        skill142=$skill142
        WHERE id=".$id;
    if ($conn->query($sql) !== TRUE) {
        echo "Error: " . $sql . "<br>" . $conn-
>error;
    }
}
}
?>

<!DOCTYPE html>
<html>
    <head>
        <meta charset="UTF-8">
        <link href="layout.css" rel="stylesheet"
type="text/css" />
    <script>
        function deleteJob(did) {
            var xmlhttp = new XMLHttpRequest();
            xmlhttp.onreadystatechange = function() {
                if (xmlhttp.readyState == XMLHttpRequest.DONE ) {
                    if (xmlhttp.status == 200) {
                        window.confirm('Η διαγραφή ολοκληρώθηκε.');
```

```
        }  
    };  
  
    xmlhttp.open("GET", "diagrafi_ergas.php?id="+did,  
true);  
    xmlhttp.send();  
    }  
</script>  
</head>  
<body>  
    <div class="header">  
        <h1 style="margin-top:0px;padding-top:20px;">  
            Constraint - based<br>  
            Job Recommender System<br>  
            Σύστημα Πρότασης Εργασίας/Εργαζομένων<br>  
            με Δυνατότητα Περιορισμών  
        </h1>  
    </div>  
    <div class="sidebar">  
          
        <div class="vertical-menu">  
            <a href="index.php">Αρχική</a>  
            <a href="moriodotisi.php">Μοριοδότηση  
Δεξιότητων</a>  
            <a href="thesi-ergasias.php"  
class="active">Θέση εργασίας</a>  
            <a href="ergazomenos.php">Εργαζόμενος</a>  
            <a href="recommendation.php">Πρόταση 1</a>  
        </div>  
    </div>  
    <div class="main">  
        <input type="button"  
onclick="location.href='nea_ergasia.php';"  
value="Προσθήκη θέσης εργασίας" /><br><br>
```

```
<table>
  <tr>
    <th>Α/Α</th>
    <th>Περιγραφή</th>
    <th>Ενέργειες</th>
  </tr>
<?php
  $sql = "SELECT id, name FROM thesi_ergasias";
  $result = $conn->query($sql);
  while($row = $result->fetch_assoc()) {
    echo "
  <tr>
  <td>".$row['id']."</td>
  <td>".$row['name']."</td>
  <td>";
    echo "<button onclick='location.href
  =\"leptomeries.php?id=".$row['id']."\";'>
  Λεπτομέριες</button>";
    echo "<button onclick='location.href
  =\"epexsergasia_ergas.php?id=".$row['id']."\"
  \";'>
  Επεξεργασία</button>";
    echo "<button
  onclick='deleteJob(\".$row['id'].\");'>
  Διαγραφή</button></td><tr>\n";
    }
  ?>
  </table>
</div>
</body>
</html>

<?php $conn->close();
?>
```

Κώδικας Διεπαφής Διαχείρισης «Εργαζομένου»

Όνομα αρχείου: ergazomenos.php

```
<?php
$conn = new mysqli("127.0.0.1", "root", "", "recommender");

// Check connection
if ($conn->connect_error) {
    die("Connection failed: " . $conn->connect_error);
}

if ($_SERVER['REQUEST_METHOD'] == 'POST') {
    $name = $_POST['firstname'];
    $surname = $_POST['lastname'];
    $skill1 = $_POST['edulevel'];
    $skill2 = $_POST['progskills'];
    $skill3 = $_POST['woexp'];
    $skill4 = $_POST['age'];

    if (isset($_GET["neos"])) {
        $sql = "INSERT INTO ergazomenos (name,
                                          surname,
                                          skill1,
                                          skill2,
                                          skill3,
                                          skill4)
              VALUES ('$name',
                      '$surname',
                      $skill1,
                      $skill2,
                      $skill3,
                      $skill4)";
```

```
if ($conn->query($sql) !== TRUE) {
    echo "Error: " . $sql . "<br>" .
    $conn->error;
}
}
else if (isset($_GET["allagh"])) {
    $id = $_POST['id'];
    $sql = "UPDATE ergazomenos
        SET name='$name',
            surname='$surname',
            skill1=$skill1,
            skill2=$skill2,
            skill3=$skill3,
            skill4=$skill4
        WHERE id=".$id;

    if ($conn->query($sql) !== TRUE) {
        echo "Error: " . $sql . "<br>" .
        $conn->error;
    }
}
}
?>

<!DOCTYPE html>
<html>
<head>
    <meta charset="UTF-8">
    <link href="layout.css" rel="stylesheet" type="text/css"
/>
<script>
    function deleteAppl(did) {
        var xmlhttp = new XMLHttpRequest();
        xmlhttp.onreadystatechange = function() {
```

```
        if (xmlhttp.readyState ==
XMLHttpRequest.DONE ) {
            if (xmlhttp.status == 200) {
                window.confirm('Η διαγραφή
ολοκληρώθηκε. ');
                window.location.href =
window.location.href;
            else {
                alert('Σφάλμα');
            }
        }
    };
    xmlhttp.open("GET", "diagrafi_ergaz.php?id="+did,
true);
    xmlhttp.send();
</script>
</head>
<body>

<div class="header">
    <h1 style="margin-top:0px;padding-
top:20px;">Constraint - based<br>Job Recommender
System<br>Σύστημα Πρότασης Εργασίας/Εργαζομένων<br>με
Δυνατότητα Περιορισμών</h1>
</div>

<div class="sidebar">
    
    <div class="vertical-menu">
        <a href="index.php">Αρχική</a>
        <a href="moriodotisi.php">Μοριοδότηση
Δεξιότητων</a>
        <a href="thesi-ergasias.php">Θέση εργασίας</a>
        <a href="ergazomenos.php"
class="active">Εργαζόμενος</a>
        <a href="recommendation.php">Πρόταση 1</a>
```

```
</div>
</div>

<div class="main">
  <input type="button"
onclick="location.href='neos_ergazomenos.php';"
value="Προσθήκη εργαζόμενου" /><br><br>
  <table>
    <tr>

      <th>Α/Α</th><th>Όνομα</th><th>Επώνυμο</th><th>Ενέργειε
ς</th>

    </tr>
    <?php
      $sql = "SELECT id, name, surname, skill1,
skill2, skill3, skill4 FROM ergazomenos";
      $result = $conn->query($sql);
      while($row = $result->fetch_assoc()) {
        echo
" <tr><td>".$row['id']."</td><td>".$row['name']."</td><td>".$
$row['surname']."</td><td>";
        echo "<button
onclick='location.href=\"leptomeries_ergaz.php?id=".$row['i
d']."\";'>Λεπτομέρειες</button>";
        echo "<button
onclick='location.href=\"epeksergia_ergaz.php?id=".$row['
id']."\";'>Επεξεργασία</button><button
onclick='deleteAppl(\".$row['id'].\")';>Διαγραφή</button></td
><tr>\n";
      ?>
    </table>
  </div>

</body>
</html>
<?php $conn->close(); ?>
```

Κώδικας Διεπαφής Παραγωγής Συστάσεων

Όνομα αρχείου: recommendation.php

```
<?php
$conn = new mysqli("127.0.0.1", "root", "", "recommender");
// Check connection
if ($conn->connect_error) {
    die("Connection failed: " . $conn->connect_error);
}

if (isset($_GET["id"])) {

    $sql = "SELECT id,
                name,
                skill1,
                skill2,
                skill3,
                skill4,
                weight1,
                weight2,
                weight3,
                weight4,
                skill12,
                skill22,
                skill32,
                skill42,
                type1,
                type2,
                type3,
                type4
            FROM thesi_ergasias
            where id=".$_GET['id'];
```



```
$result = $conn->query($sql);

    if ($row = $result->fetch_assoc()) {
        $name = $row['name'];
        $skill1 = $row['skill1'];
        $skill2 = $row['skill2'];
        $skill3 = $row['skill3'];
        $skill4 = $row['skill4'];
        $skill12 = $row['skill12'];
        $skill22 = $row['skill22'];
        $skill32 = $row['skill32'];
        $skill42 = $row['skill42'];
        $type1 = $row['type1'];
        $type2 = $row['type2'];
        $type3 = $row['type3'];
        $type4 = $row['type4'];
        $weight1 = $row['weight1'];
        $weight2 = $row['weight2'];
        $weight3 = $row['weight3'];
        $weight4 = $row['weight4'];
    }

    $sql = "SELECT id,
                name,
                surname,
                skill1,
                skill2,
                skill3,
                skill4
            FROM ergazomenos";
    $result = $conn->query($sql);
    $results = array();
    while($row = $result->fetch_assoc()) {
```

```
        $score = calcScore($type1, $skill1, $skill12,
$row['skill1'])*$weight1;
        $score += calcScore($type2, $skill2, $skill22,
$row['skill2'])*$weight2;
        $score += calcScore($type3, $skill3, $skill32,
$row['skill3'])*$weight3;
        $score += calcScore($type4, $skill4, $skill42,
$row['skill4'])*$weight4;

        array_push($results, array($row['name'],
$row['surname'], $score));
    }
    usort($results, 'sortByOrder');
}
function sortByOrder($a, $b) {
    return $b[2] - $a[2];
}
function calcScore($type, $skill1, $skill2, $rSkill) {
    switch ($type) {
    case 1:
        return $rSkill - $skill1;
    case 2:
        return $skill1 - $rSkill;
    case 3:
        return -abs($skill1 - $rSkill);
    case 4:
        if ($rSkill >= $skill1 && $rSkill <= $skill2) {
            return 0;
        } elseif ($rSkill > $skill2) {
            return -abs($skill2 - $rSkill);
        } else {
            return -abs($skill1 - $rSkill);
        }
    }
}
return 0;
```

```
}
?>
<!DOCTYPE html>
<html>
  <head>
    <meta charset="UTF-8">
    <link href="layout.css" rel="stylesheet" type="text/css"
  />
</head>
<body>

<div class="header">
  <h1 style="margin-top:0px;padding-top:20px;">
    Constraint - based<br>
    Job Recommender System<br>
    Σύστημα Πρότασης Εργασίας/Εργαζομένων<br>
    με Δυνατότητα Περιορισμών
  </h1>
</div>
<div class="sidebar">
  
  <div class="vertical-menu">
    <a href="index.php" class="active">
    Αρχική</a>
    <a href="moriodotisi.php">Μοριοδότηση
    Δεξιότητων</a>
    <a href="thesi-ergasias.php">Θέση
    εργασίας</a>
    <a href="ergazomenos.php">Εργαζόμενος</a>
    <a href="recommendation.php">Πρόταση 1</a>
  </div>
</div>
<div class="main">
<form action="recommendation.php" method="get">
<select name="id">
```

```
<?php
    $sql = "SELECT id, name FROM thesi_ergasias";
    $result = $conn->query($sql);
    while($row = $result->fetch_assoc()) {
        $id = $row['id'];
        $namee = $row['name'];
        echo "<option value='$id'>$namee</option>";
    }

    $conn->close();
```

```
?>
```

```
    <input type="submit" value="0">
</select>
</form>
<br>
```

```
<?php
```

```
if (isset($_GET["id"])) {
```

```
?>
```

```
    <fieldset>
```

```
        <?php echo $name; ?>
```

```
        <table>
```

```
            <tr>
```

```
                <th>Α/Α</th>
```

```
                <th>Εργαζόμενος</th>
```

```
                <th>Θέση Εργασίας</th>
```

```
                <th>Score</th>
```

```
            </tr>
```

```
        <?php
```

```
            $i = 1;
```

```
            foreach($results as $entry) { echo "
```

```
                <tr>
```

```
                    <td>$i</td>
```

```
                    <td>$entry[0]</td>
```

```
        <td>$entry[1]</td>
        <td>$entry[2]</td>
    </tr>";
    ++$i;
}
?>
</table>
</fieldset>
<?php
}
?>
</div>

</body>
</html>
```





«Γηράσκω δ' αεί πολλά διδασκόμενος»

Σόλων, ο Αθηναίος

