



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ, ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

# Ανάλυση Γράφων Κοινωνικής και Συναισθηματικής Πληροφορίας

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

του φοιτητή Η.Μ.Μ.Υ

**ΒΟΪΚΟΥ Χ. ΣΤΕΦΑΝΟΥ**

**Επιβλέπων:** Συμεών Παπαβασιλείου

Καθηγητής Ε.Μ.Π

Αθήνα, Ιούλιος 2023

---





ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΕΩΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ, ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

# Ανάλυση Γράφων Κοινωνικής και Συναισθηματικής Πληροφορίας

## ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

του φοιτητή Η.Μ.Μ.Υ

**ΒΟΪΚΟΥ Χ. ΣΤΕΦΑΝΟΥ**

**Επιβλέπων:** Συμεών Παπαβασιλείου  
Καθηγητής Ε.Μ.Π

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 14η Ιουλίου 2023.

(Υπογραφή)

(Υπογραφή)

(Υπογραφή)

.....  
Συμεών Παπαβασιλείου  
Καθηγητής Ε.Μ.Π

.....  
Ιωάννα Ρουσσάκη  
Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Ε.Μ.Π

.....  
Θεοδώρα Βαρβαρίγου  
Καθηγήτρια Ε.Μ.Π

Αθήνα, Ιούλιος 2023



.....  
Στέφανος Χ. Βόικος

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

Copyright © Στέφανος Χ. Βόικος, 2023.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

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

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



## Περίληψη

---

Ο ρόλος του εκπαιδευτικού, δασκάλου και καθηγητή, διαχρονικά είναι σημαντικός στις κοινωνίες ανά τους αιώνες. Βασικό ρόλο που επιτελεί μέσα σε κάθε κοινωνικό σύνολο, είναι να συμβάλει στη διαπαιδαγώγηση, την καλλιέργεια αξιών, ηθικών φραγμών και γνώσεων. Στη σημερινή εποχή, που χαρακτηρίζεται από κρίση των παραδοσιακών αξιών, αλλά και από άνθιση και πρόοδο της τεχνολογίας, ο ρόλος του εκπαιδευτικού είναι πιο επίκαιρος από ποτέ. Επειδή, ωστόσο, ο δάσκαλος, στη σημερινή εποχή, δεν πετυχαίνει πάντοτε να καλλιεργήσει το εύρυθμο κλίμα στην τάξη, και σε συνδυασμό με το γεγονός πως τα κοινωνικά δίκτυα διαδραματίζουν πλέον σπουδαίο ρόλο στην επικοινωνία και στη διάδοση της πληροφορίας, οδήγησαν στην ανάγκη παραγωγής ενός τεχνολογικού προϊόντος, που να λειτουργήσει ως “βοηθός” και “σύμβουλος” του εκπαιδευτικού, κατά την εκπόνηση της εργασίας του.

Στην παρούσα εργασία γίνεται μελέτη και ανάλυση των γραφημάτων κοινωνικής και συναισθηματικής πληροφορίας. Στόχος της είναι να διαμορφωθεί ένα σύνολο μοντέλων, ένα εργαλείο που να αποτυπώνει τις κοινωνικές και συναισθηματικές σχέσεις ενός δοσμένου κοινωνικού δικτύου, που εκπροσωπεί μία σχολική τάξη πρωτοβάθμιας ή δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, τόσο στο παρόν όσο και σε βάση πρόβλεψης στο μέλλον, σε τέσσερα διαφορετικά είδη κοινωνικών σχέσεων, που αποτελούν τα κοινωνικά δίκτυα “Προτίμησης”, “Εκτίμηση Προτίμησης”, “Απόρριψη” και “Εκτίμηση Απόρριψης”. Αρχικά, στην παρούσα διπλωματική εργασία, αναπτύσσεται και αναλύεται θεωρητικά η έννοια του γράφου και του κοινωνικού γράφου, των μετρικών ομοιότητας και αναλύονται οι μαθηματικές μέθοδοι αναπαράστασης των γράφων. Έπειτα, γίνεται πειραματική εμβάθυνση, κατά την οποία αναλύεται ο αλγόριθμος σε Python3, που αξιοποιεί τη Μηχανική Μάθηση και συμβάλει στην πρόβλεψη κοινωνικών και συναισθηματικών σχέσεων στο μέλλον. Επιπλέον, στο πειραματικό μέρος της παρούσας πτυχιακής, πραγματοποιείται ανάλυση των βημάτων που καλείται να πραγματοποιήσει ο υποψήφιος χρήστης, δηλαδή ο δάσκαλος ή ο καθηγητής, προκειμένου να κάνει ορθή χρήση της διεπαφής προγράμματος χρήστη, όπου και εκεί ο εκπαιδευτικός μπορεί να πραγματοποιήσει την δική του έρευνα. Τέλος, συνοψίζονται τα αποτελέσματα της διπλωματικής και δίνονται κατευθύνσεις για μελλοντική μελέτη.

## Λέξεις Κλειδιά

Κοινωνικά δίκτυα, Γράφος γνώσεων, Συναισθηματική Νοημοσύνη (ΣΝ), Κοινωνική Συναισθηματική Νοημοσύνη (ΚΣΝ), μαθητές, Μηχανική Μάθηση, Προτίμηση, Εκτίμηση Προτίμησης, Απόρριψη, Εκτίμηση Απόρριψης





## Abstract

---

The role of the educator, teacher and professor has been important in societies throughout the ages. The main role it plays in every society is to contribute to education, the cultivation of values, moral barriers and knowledge. In today's era, characterized by a crisis of traditional values, but also by the flourishing and progress of technology, the role of the teacher is more relevant than ever. Because, however, the teacher, in today's era, does not always succeed in cultivating an orderly climate in the classroom, and in combination with the fact that social networks now play an important role in communication and the dissemination of information, led to the need to produce a technological product, to act as an «assistant» and «advisor» of the teacher, during the preparation of his work.

In this paper, the graphs of social and emotional information are studied and analyzed. Its aim is to formulate a set of models, a tool that captures the social and emotional relationships of a given social network, representing a primary or secondary school class, both in the present and on a forecast basis in the future, in four different types of social relationships, which constitute the «Preference», «Preference Rating», «Rejection» and «Rejection Rating» social networks. Initially, in this thesis, the concept of graph and social graph, similarity metrics is developed and analyzed theoretically, and the mathematical methods of graph representation are analyzed. Then, there is an experimental deepening, during which the algorithm is analyzed in Python3, which leverages Machine Learning and contributes to the prediction of social and emotional relationships in the future. In addition, in the experimental part of this thesis, an analysis is made of the steps that the prospective user, i.e. the teacher or the professor, is required to perform in order to make proper use of the user program interface, where and there the teacher can carry out his own research . Finally, the results of the thesis are summarized and directions for future study are given.

## Keywords

Social Networks, Knowledge Graph, Emotional Intelligence (EI), Collective Emotional Intelligence (CEI), Students, Machine Learning, Preference, Perception Preference, Rejection, Perception Rejection



*Αφιερώνεται στους γονείς μου*



## Ευχαριστίες

---

Η παρούσα εργασία σηματοδοτεί το πέρας της πενταετούς φοίτησής μου στη Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Στα πέντε αυτά χρόνια, απέκτησα πολλές καινούργιες γνώσεις, εμπειρίες, εφόδια που θα με συνοδεύουν κατά την επαγγελματική μου σταδιοδρομία, καθώς και πολλές νέες φιλίες, συνεργασίες και συμμετοχές σε εθνικούς και διεθνείς διαγωνισμούς.

Θα ήθελα πρωτίστως, να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή κύριο Συμεών Παπαβασιλείου, ο οποίος μου έδωσε τη δυνατότητα να υλοποιήσω την παρούσα διπλωματική εργασία υπό την επίβλεψη και καθοδήγησή του. Εν συνεχεία, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους ερευνητές δρ. Αναστάσιο Ζαφειρόπουλο και την Ελένη Φωτοπούλου, τόσο για την αμέριστη βοήθειά τους, όσο και για τον υποστηρικτικό ρόλο που είχαν, καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου, Χρήστο και Βασιλική, τους φίλους και συγγενείς μου για την υποστήριξη και τη συμπαράσταση τους αυτά τα χρόνια φοίτησης μου στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

Αθήνα, Ιούλιος 2023

Στέφανος Βόικος



# Περιεχόμενα

---

<b>Περίληψη</b>	<b>1</b>
<b>Abstract</b>	<b>3</b>
<b>Ευχαριστίες</b>	<b>7</b>
<b>Πρόλογος</b>	<b>17</b>
<b>1 Εισαγωγή</b>	<b>19</b>
1.1 Ανάγκη Διερεύνησης και σκοπός της διπλωματικής εργασίας . . . . .	20
1.2 Συμβολή της διπλωματικής εργασίας στην επιστημονική κοινότητα . . . . .	21
1.3 Οργάνωση κεφαλαίων . . . . .	22
<b>I Θεωρητικό Μέρος</b>	<b>23</b>
<b>2 Θεωρητικό υπόβαθρο</b>	<b>25</b>
2.1 Γενικά Στοιχεία των Γραφημάτων . . . . .	25
2.2 Κοινωνικοί Γράφοι . . . . .	29
2.3 Αναπαράσταση και οπτικοποίηση γραφημάτων . . . . .	31
2.4 Τεχνολογίες Αναπαράστασης Κοινωνικών γράφων . . . . .	32
<b>II Πρακτικό Μέρος</b>	<b>35</b>
<b>3 Υλοποίηση Συστήματος και δυνατότητες του</b>	<b>37</b>
3.1 Ορισμός του προβλήματος . . . . .	37
3.2 Απευθυνόμενα μέλη προς χρήση . . . . .	37
3.3 Περιγραφή υλοποίησης συστήματος . . . . .	38
3.3.1 Κώδικας Python3 και ανάγκη παραγωγής διεπαφής . . . . .	38
3.3.2 Εργαλεία ανάπτυξης κώδικα Python3 και διεπαφής . . . . .	40
3.4 Περιγραφή δυνατοτήτων της υλοποίησης και χαρακτηριστικών . . . . .	41
<b>4 Αρχιτεκτονική συστήματος και διαγράμματα των θεμελιωδών στοιχείων του</b>	<b>45</b>
4.1 Ευρύτερα στοιχεία αρχιτεκτονικής συστήματος . . . . .	45
4.2 Περιγραφή του αλγορίθμου . . . . .	46
4.3 Ανάγκη παραγωγής διεπαφής . . . . .	57
4.4 Ανάλυση δομής της διεπαφής . . . . .	59

4.5 Παραγόμενο Αποτέλεσμα . . . . .	64
<b>5 Οδηγός προσαρμογής και χρήσης του συστήματος</b>	<b>67</b>
5.1 Βήμα προς βήμα οδηγός αλγορίθμου Python3 . . . . .	67
5.2 Προκύπτον αποτέλεσμα του Python3 αλγορίθμου . . . . .	68
5.3 Ανάλυση βημάτων χρήσης της διεπαφής . . . . .	69
5.4 Παραγόμενο αποτέλεσμα . . . . .	78
<b>III Επίλογος</b>	<b>81</b>
<b>6 Επίλογος</b>	<b>83</b>
6.1 Συμπεράσματα . . . . .	83
6.2 Μελλοντικές Επεκτάσεις . . . . .	85
<b>Παραρτήματα</b>	<b>87</b>
<b>A' Απόδειξη Σχέσης 1</b>	<b>89</b>
A'.1 Απόδειξη από πηγή . . . . .	89
A'.2 Περαιτέρω ανάλυση . . . . .	89
<b>B' Απόδειξη Σχέσης 2</b>	<b>93</b>
B'.1 Ανάλυση και απόδειξη με μαθηματική επαγωγή . . . . .	93
<b>Βιβλιογραφία</b>	<b>98</b>
<b>Συντομογραφίες - Αρκτικόλεξα - Ακρωνύμια</b>	<b>99</b>
<b>Απόδοση ξενόγλωσσων όρων</b>	<b>101</b>



## Κατάλογος Σχημάτων

---

4.1	Αρχιτεκτονική του συστήματος συνολικά . . . . .	47
4.2	Μία φωτογραφία διαγράμματος ροής (flow-chart) της λογικής του αλγορίθμου που χρησιμοποιώ, για την πρόβλεψη των κοινωνικών και συναισθηματικών σχέσεων των μαθητών . . . . .	48
4.3	Μία φωτογραφία διαγράμματος ροής (flow-chart) της λογικής και αρχιτεκτονικής δόμησης της διεπαφής, των λειτουργιών που επιτελεί. Αριστερά αποτυπώνονται οι συναρτήσεις σε Javascript που εκτελούνται και κατάντιστοιχία δεξιά τα κουμπιά τους στη διεπαφή. . . . .	61
5.1	Μία φωτογραφία διαγράμματος ροής (flow-chart) των βημάτων που καλείται να χρησιμοποιήσει ο εκπαιδευτικός, για την χρήση της διεπαφής HTML. . . .	70
A.1	Η μοναδική περίπτωση γράφου, που έχει μία ακμή. . . . .	90
A.2	Πρώτη περίπτωση προσθήκης ακμής σε υπάρχον γράφημα πλήθους $ E $ ακμών. . . . .	90
A.3	Δεύτερη περίπτωση προσθήκης ακμής σε υπάρχον γράφημα πλήθους $ E $ ακμών. . . . .	91



## Κατάλογος Εικόνων

---

2.1	[1] Αριστερά αποτυπώνεται το πρόβλημα των επτά γεφυρών του Königsberg και δεξιά η αποτύπωση του προβλήματος με χρήση γραφήματος . . . . .	26
2.2	[2] Αριστερά αποτυπώνεται κατευθυνόμενο γράφημα D (διακριτές οι κατευθύνσεις των εδγες) και δεξιά αποτυπώνεται το μη κατευθυνόμενο γράφημα G . . . . .	27
2.3	[3] Το παράδοξο της φιλίας στη δουλειά. Οι τέσσερις πιο συνδεδεμένοι πράκτορες έχουν βάση προτίμηση στο μασίφ και οι άλλοι οκτώ προτιμούν το καρό. Τα κλάσματα δίπλα στους παράγοντες είναι οι αντιλήψεις τους για τις προτιμήσεις είναι για στερεά σε σχέση με τα καρό, με βάση αυτό που βλέπουν μεταξύ τους τους φίλους τους στην πρώτη περίοδο. Οι περισσότεροι από αυτούς αντιλαμβάνονται την προτίμηση της πλειοψηφίας για στερεά, με μόνο οι λίγοι πράκτορες κάτω δεξιά αντιλαμβάνονται την πλειοψηφία για καρό. . . .	30
2.4	[4] Οι κατευθυνόμενοι υπερσύνδεσμοι μεταξύ ιστοσελίδων μπορούν να αναπαρασταθούν χρησιμοποιώντας έναν πίνακα γειτνίασης M: η καταχώρηση $M_{ij}$ είναι ίση με 1 εάν υπάρχει σύνδεσμος από τον κόμβο i στον κόμβο θ, και $M_{ij} = 0$ διαφορετικά. . . . .	31
2.5	[5] (a) Γράφημα με τα βάρη του (b) Ο πίνακας γειτνίασης με τα βάρη του (c) Η λίστα γειτνίασης με τα βάρη του. . . . .	32
2.6	[6] Δύο αναπαραστάσεις ενός κατευθυνόμενου γράφου. (a) Ένας κατευθυνόμενου γράφου G με 6 κορυφές και 8 ακμές. (b) Μία αναπαράσταση του G με λίστα γειτνίασης. (c) Μία αναπαράσταση του G με πίνακα γειτνίασης. . . .	32
3.1	[7] Εικόνα από το επίσημο site του D3.js, από το οποίο χρησιμοποιήθηκαν πολλές πληροφορίες για την υλοποίηση της διπλωματικής εργασίας. . . . .	40
4.1	Μία φωτογραφία αρχείου .json που αναλύονται τα στοιχεία του κοινωνικού γράφου, αναλυτικά για το είδος του γράφου, τις ακμές και τις κορυφές. . . .	51
4.2	Υπολογισμός των απαραίτητων πιθανοτήτων εμφάνισης ενός edge μέσα στον κοινωνικό γράφο. . . . .	54
4.3	[7] Εικόνα από το επίσημο site του D3.js, από το οποίο χρησιμοποιήθηκαν πολλές πληροφορίες για την υλοποίηση της διπλωματικής εργασίας. . . . .	60
5.1	Η εικόνα που θα αντικρίσει ο χρήστης κατά την εκτέλεση του βήματος 1. . . .	69
5.2	Η εικόνα που θα αντικρίσει ο χρήστης κατά την εκτέλεση του βήματος 2. . . .	71
5.3	Αυτό είναι το αποτέλεσμα της επιλογής της ελεύθερης μορφής για την αναπαράσταση των κοινωνικών γράφων. . . . .	73

5.4	Αυτό είναι το αποτέλεσμα της επιλογής της ακτινικής μορφής για την αναπαράσταση των κοινωνικών γράφων . . . . .	74
5.5	Μία φωτογραφία των κουμπιών με τους τύπους των κοινωνικών γράφων (Preference, Perception Preference, Rejection, Perception Rejection), τόσο στην ελεύθερη όσο και στην ακτινική μορφή. . . . .	74
5.6	Μία φωτογραφία του Dropdown menu με τις επιλογές που μπορεί να πραγματοποιήσει ο χρήστης και να κάνει μερικές στοχευμένες συγκρίσεις των κοινωνικών γράφων. . . . .	76
5.7	Μία φωτογραφία με τα κουμπιά, με την χρήση των οποίων μπορεί να φιλτράρει τον δεξιά κοινωνικό γράφο που αναπαρίσταται. . . . .	78
5.8	Μία φωτογραφία του πίνακα με τις αναπαραστάσεις των χρωμάτων, όπως εμφανίζονται στους οπτικοποιημένους κοινωνικούς γράφους. Επεξηγήσεις χρήσης των χρωμάτων στην ελληνική γλώσσα. . . . .	79
5.9	Μία φωτογραφία του πίνακα με τις βαθμολογίες μετρικών ομοιότητας των κοινωνικών γράφων, όπως εμφανίζονται πριν (1ο αρχείο) και μετά (2ο αρχείο), με τις επί τοις εκατό μεταβολές των τιμών τους. . . . .	79

## Κατάλογος Πινάκων

---

2.1	Σύγκριση Τεχνολογιών Αναπαράστασης Κοινωνικών Γράφων . . . . .	34
-----	--	----



## Πρόλογος

---

Η ανάλυση γράφων κοινωνικής και συναισθηματικής πληροφορίας αποτελεί ένα συναρπαστικό και ευρύ πεδίο έρευνας που διερευνά τις πολυπλοκότητες των ανθρώπινων σχέσεων και συναισθημάτων μέσω της ανάλυσης γραφημάτων. Από τις αρχές της κοινωνιολογίας και της ψυχολογίας έως την εποχή των κοινωνικών δικτύων και των ψηφιακών κοινοτήτων, η ανάλυση γράφων κοινωνικής και συναισθηματικής πληροφορίας έχει αναδειχθεί ως ισχυρό εργαλείο για την κατανόηση των δικτύων και των συναισθημάτων που διαπλέκονται στην ανθρώπινη επικοινωνία.

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αποτελεί μια αναλυτική μελέτη πάνω στην ανάλυση γράφων κοινωνικής και συναισθηματικής πληροφορίας, με έμφαση στην εξέταση των πολλαπλών πτυχών της ανθρώπινης συμπεριφοράς και των δικτύων που δημιουργούνται ανάμεσα στους ανθρώπους. Μέσω της ανάλυσης των γράφων, η εργασία αυτή επιδιώκει να αποκαλύψει τα μυστικά που κρύβονται πίσω από τις συνδέσεις και τις αλληλεπιδράσεις των ανθρώπων, καθώς και την επίδραση που έχουν τα συναισθήματα στις διαδικασίες αυτές.

Η ανάλυση γράφων κοινωνικής και συναισθηματικής πληροφορίας αναδεικνύει τη σημαντικότητα των δικτύων και των συναισθημάτων στην ανθρώπινη επικοινωνία και την κοινωνική δυναμική. Εξετάζει πώς οι άνθρωποι αλληλεπιδρούν, ανταλλάσσουν πληροφορίες και επηρεάζουν ο ένας τον άλλον μέσω των δικτύων που δημιουργούν. Επίσης, αναλύει τον τρόπο με τον οποίο τα συναισθήματα μπορούν να επηρεάσουν την κοινωνική δομή, την επικοινωνία και την πάθηση των ανθρώπων.

Στόχος αυτής της πτυχιακής εργασίας είναι να παράσχει μια ολοκληρωμένη και συνοπτική εισαγωγή στην ανάλυση γράφων κοινωνικής και συναισθηματικής πληροφορίας, παρέχοντας ταυτόχρονα μια κριτική και βαθιά κατανόηση της συνδυασμένης επίδρασης των δικτύων και των συναισθημάτων στην ανθρώπινη συμπεριφορά. Μελετώντας την πολυπλοκότητα αυτής της σχέσης, η εργασία αυτή επιδιώκει να αποκτήσει μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα του πώς οι άνθρωποι συνεργάζονται, επικοινωνούν και επηρεάζονται από το περιβάλλον τους.

Η παρούσα πτυχιακή εργασία θα εξετάσει διάφορες μεθόδους και τεχνικές ανάλυσης γράφων, όπως η κεντρικότητα των κόμβων, οι κοινότητες και οι μοτίβα. Θα εστιάσει επίσης στην ανάλυση των συναισθημάτων μέσω της ανίχνευσης συναισθηματικών περιεχομένων και της αποτύπωσης της συναισθηματικής κλίμακας των δικτύων.

Τέλος, επιδιώκεται η εφαρμογή των αποτελεσμάτων αυτής της έρευνας σε πρακτικά πεδία, όπως η κοινωνική δικτύωση, η διαχείριση των κοινωνικών μέσων και η ψυχολογία. Η κατανόηση της ανθρώπινης συμπεριφοράς και των συναισθημάτων μέσω της ανάλυσης γράφων μπορεί να έχει ευρύτερες εφαρμογές στη βελτίωση της επικοινωνίας, της υγείας και της ευημερίας του ανθρώπου.

Συνοψίζοντας, η πτυχιακή αυτή εργασία αναλύει την ανάλυση γράφων κοινωνικής και συ-

ναισθηματικής πληροφορίας και τη σημασία της για την κατανόηση των ανθρώπινων σχέσεων και συναισθημάτων. Προσφέρει μια σφαιρική ματιά στην πολυπλοκότητα της ανθρώπινης συμπεριφοράς, εξετάζοντας πώς οι δικτύωση και τα συναισθήματα αλληλεπιδρούν και επηρεάζουν ο ένας τον άλλον. Από την έρευνα μέχρι την εφαρμογή, αυτή η εργασία είναι ένα βήμα προς την κατανόηση της πολυπλοκότητας των ανθρώπινων σχέσεων και της σημασίας της ανάλυσης γράφων και των συναισθημάτων σε αυτή τη διαδικασία. Η πτυχιακή αναπτύχθηκε στην Αθήνα, και επιβλέπων καθηγητής της αποτελεί ο κ.Συμεών Παπαβασιλείου, τον οποίο και ευχαριστώ θερμά.



## Κεφάλαιο **1**

### Εισαγωγή

---

**Ο** άνθρωπος είναι από τη φύση του μιμητικό και κοινωνικό ον. Εκ γενετής, είναι προικισμένος με την επιθυμία και την τάση του να ζει, να συναναστρέφεται με άλλους ανθρώπους και να συνεργάζεται μαζί τους, για να πετύχει την ατομική πρόοδο και την ολοκλήρωσή του. Η επιθυμία του ανθρώπου για κοινωνικοποίηση, τον οδήγησε να δράσει ως συλλογικότητα και να διαμορφώσει συλλογικές, αλλά με οργάνωση και νόρμες, δομές, τις κοινωνίες, μέσα στις οποίες και εξελίχθηκε, στο διάβα της ιστορίας του. Παράλληλα, μαζί με την κοινωνία, ανέπτυξε πολιτισμό, γράμματα και επιστήμες, ανθρωπιστικές και θετικές. Και με αντικείμενο παρατήρησης την ίδια την κοινωνία, τις δράσεις και αντιδράσεις των ανθρώπων, τις κοινωνικές συναναστροφές του και δραστηριότητες, διαμόρφωσε τις Κοινωνικές Επιστήμες.

Σήμερα, στην εποχή της 4ης Βιομηχανικής Επανάστασης, στην εποχή που παρατηρείται “έκρηξη γνώσης”, με τη ραγδαία χρήση του διαδικτύου και των Social Media, ένας τομέας που γνωρίζει μεγάλη άνθηση και ανάπτυξη, αποτελεί αυτός της Ανάλυσης Κοινωνικών Δικτύων. Μέσα από την επιστήμη αυτή, παρατηρούμε, μελετάμε τα είδη των κοινωνικών δικτύων, τις συμπεριφορές και ιδιότητες που διακρίνουν τα κοινωνικά δίκτυα, καθώς και ελέγχουμε τις συλλογικότητες και κοινότητες ανθρώπων, που μπορούν να προκύψουν. Χρησιμοποιούμε τεχνικές για να προβλέψουμε το μέλλον που θα ακολουθήσουν τα κοινωνικά δίκτυα, τόσο για αποτρεπτικούς ρόλους, όπως είναι η απομόνωση μελών του κοινωνικού συνόλου, όσο και για προσαρμογή στις νέες προκλήσεις και κοινωνικές καταστάσεις που μπορούν να προκύψουν. Οι ίδιες τεχνικές, μπορούν πέραν από τα κοινωνικά δίκτυα, έχοντας σαν εργαλείο και σαν βάση τα γραφήματα, όπως περιγράφονται αναλυτικά στην επιστήμη της Θεωρίας Γραφημάτων, να εφαρμοστούν και για άλλα είδη δικτύων.

Ένα είδος κοινωνικού δικτύου που εξετάζουμε στην παρούσα διπλωματική εργασία, αποτελεί το σχολείο. Το σχολείο, μία μικρογραφία της εκάστοτε κοινωνίας, αποτελεί αντικείμενο ενασχόλησης όχι μόνο από τις ανθρωπιστικές επιστήμες, αλλά και από τις θετικές. Οι σχέσεις μεταξύ των μαθητών, αλλά και γενικότερα των ανθρώπων, μέσα στο κοινωνικό περιβάλλον που ζουν και συναναστρέφονται, αποτελούν ένα αντικείμενο ενασχόλησης της ευρύτερης επιστήμης των κοινωνικών δικτύων και στην διπλωματική εργασία, θα εμβαθύνουμε στις σχέσεις των μαθητών, τόσο της Πρωτοβάθμιας όσο και της Δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης.

## 1.1 Ανάγκη Διερεύνησης και σκοπός της διπλωματικής εργασίας

Όπως σε κάθε κοινωνία, έτσι και στην σχολική κοινότητα, είναι πιθανόν αρκετές φορές, να εμφανιστούν προκλήσεις, δυσκολίες, δυσχέρειες ανάμεσα στις κοινωνικές και συναισθηματικές σχέσεις των μαθητών, οι οποίες μπορούν να οδηγήσουν σε φαινόμενα, όπως αποτελούν τα φαινόμενα κοινωνικής αποξένωσης κάποιου/ας μαθητή/τριας, φαινόμενα σχολικού εκφοβισμού, φαινόμενα αντιδραστικής συμπεριφοράς (Άρνηση συνεργασίας, ανυπακοή, αδιαφορία, άρνηση συμμετοχής στη τάξη και στις εργασίες) ή φαινόμενα ύπαρξης κλίκας μαθητών, απομονωμένης από το υπόλοιπο σώμα μίας τάξης. Ο δάσκαλος και ο καθηγητής, δηλαδή ο φορέας παιδείας, γνώσης και που δίνει τα απαραίτητα εφόδια για την πρόοδο των μαθητών, καλείται να διαδραματίσει επιπλέον και τον ρόλο του παιδαγωγού, του φύλακα, που είναι αναγκαίο να προστατεύσει τους μαθητές από τα φαινόμενα που προαναφέρθηκαν. Οφείλει να παρακολουθήσει την συμπεριφορά και την αλληλεπίδραση των μαθητών, προκειμένου να προαχθεί η ομόνοια, η σύμπνοια και η ομαδικότητα. Πέραν του χρέους του να προάγει την καλλιέργεια του ουσιαστικού προβληματισμού, την ανάπτυξη της κριτικής σκέψης και της φαντασίας, της αυτενεργείας, ο δάσκαλος οφείλει να μεταλαμπαδεύει στα παιδιά αρχές και αξίες, κοινωνικές αρετές για να συμβάλλει στην ανάκαμψη της ομαλής συλλογικότητας για τις επόμενες κοινωνίες. Οι εκπαιδευτικοί συχνά αποκτούν εμπειρία και γνώση σχετικά με τις κοινωνικές και συναισθηματικές σχέσεις των μαθητών τους κατά τη διάρκεια της εκπαιδευτικής τους πορείας. Παρόλα αυτά, αυτή η εμπειρία και γνώση δεν είναι πάντα επαρκής για να αντιμετωπιστούν όλες οι προκλήσεις. Έτσι, δημιουργείται η ανάγκη για έναν “βοηθό” του εκπαιδευτικού φορέα, ο οποίος θα στηρίζει το έργο του εκπαιδευτικού και θα τον ενημερώνει για τις συναισθηματικές και κοινωνικές σχέσεις των μαθητών του στην τάξη.

Προς αυτή την κατεύθυνση, έρχεται να συνδράμει ο ρόλος της Τεχνητής Νοημοσύνης και της εμφάνισης νέων επιστημονικών κλάδων, που έρχονται να «ενώσουν» την Μηχανική Μάθηση με τις Κοινωνικές Επιστήμες. Έτσι, μία από τις έννοιες που προέκυψαν από αυτή την σύμπλευση επιστημών, αποτέλεσε η Συναισθηματική Νοημοσύνη (EI). Η Συναισθηματική Νοημοσύνη (EI) είναι ένας από τους πιο χρησιμοποιούμενους ψυχολογικούς όρους από πολυεπιστημονικούς επιστήμονες τις τελευταίες τρεις δεκαετίες, εστιάζοντας στη δυνατότητα εφαρμογής της σε ερευνητικά και εφαρμοσμένα πεδία για την αντιμετώπιση κοινωνικών προκλήσεων σε ενδοπροσωπικό και διαπροσωπικό επίπεδο. Όπως ορίζεται από τους Salovey και Mayer, το EI είναι «ένας τύπος κοινωνικής νοημοσύνης που περιλαμβάνει την ικανότητα να παρακολουθεί κανείς τα συναισθήματά του και των άλλων, να κάνει διακρίσεις μεταξύ τους και να χρησιμοποιεί τις πληροφορίες για να καθοδηγεί τη σκέψη και τις πράξεις του» (Mayer Salovey, 1993).[8] Σημαντικές προσπάθειες έχουν καταβληθεί τα τελευταία τριάντα χρόνια για την εννοιολόγηση και την αξιολόγηση της δομής της Συναισθηματικής Νοημοσύνης (ΣΝ). Ωστόσο, υπάρχει περιορισμένη εργασία για την εξέταση της δομής της EI σε ομαδικό επίπεδο. [9]

Από τις παραπάνω αναλύσεις, γίνεται διακριτή και κατανοητή η ανάγκη έρευνας, η οποία τόσο θα συνδράμει στο έργο του κάθε εκπαιδευτικού, όσο και θα εμπλουτίσει περαιτέρω

τον αναδυόμενο τομέα της Συναισθηματικής Νοημοσύνης και της δημιουργίας επιπλέον επιστημονικού υλικού, για μεγαλύτερη ανάλυση και εφαρμογή, πάνω σε αυτόν τον τομέα.

## **1.2 Συμβολή της διπλωματικής εργασίας στην επιστημονική κοινότητα**

Προς την κατεύθυνση της κάλυψης της ανάγκης, όπως αυτή αναφέρθηκε στην προηγούμενη ενότητα, η παρούσα διπλωματική εργασία έρχεται να συνδράμει και να παράξει επιστημονικό έργο, που θα βοηθήσει τον ρόλο του δασκάλου και καθηγητή στην επιστημονική και εκπαιδευτική κοινότητα. Συνάμα, η υλοποίηση του πειραματικού πεδίου της διπλωματικής εργασίας, θα συνδράμει στην παραγωγή πειραματικών αποτελεσμάτων, που θα ενισχύσει το διαθέσιμο επιστημονικό υλικό και θα βοηθήσει περαιτέρω στη διαμόρφωση της δομής και των εννοιών, τόσο της Συναισθηματικής Νοημοσύνης όσο και της Κοινωνικής Συναισθηματικής Νοημοσύνης (CEI).

Πιο αναλυτικά, η υλοποίηση στην διπλωματική εργασία μου, περιλαμβάνει αλγόριθμο σε γλώσσα Python3 με χρήση μηχανικής μάθησης και διεπαφή ανθρώπου-υπολογιστή (Graphic User Interface), που είναι φιλική προς τον χρήστη και που με ευκρίνεια, παραθέτει τις συναισθηματικές σχέσεις, φιλικές και μη, μεταξύ των μαθητών της τάξης με τη χρήση κοινωνικού γράφου, . Στόχος του σχεδιασμού αυτού, αποτελεί η ανάγκη να έχει ο εκπαιδευτικός φορέας, ολοκληρωμένη εικόνα, εποπτεία και να λαμβάνει τα απαραίτητα μέτρα, όταν αυτά χρειάζονται. Στην διπλωματική εργασία, επίσης, προστέθηκε η δυνατότητα ευελιξίας και ο χρήστης, να εισάγει το αρχείο με τις σχέσεις των μαθητών στην αρχή, οπότε και κατόπιν εκτέλεσης του αλγορίθμου, να είναι διακριτές οι διαφορές που μεσολάβησαν, σε σχέση με το αρχικό αρχείο εισόδου, προβλέποντας έτσι ποιες θα είναι οι εξελίξεις στις σχέσεις των μαθητών μεταξύ τους. Τέλος, παρέχεται η δυνατότητα επιλογής ανάμεσα σε ελεύθερη μορφή ή κυκλική-ακτινωτή μορφή οπτικοποίησης. Στην ελεύθερη μορφή, παρουσιάζονται οι κορυφές, οι μαθητές, ελεύθερα πάνω στην οθόνη, με διαστρωμάτωση χρώματος, ανάλογα με το πόσο “γνωστός” είναι ένας μαθητής σε σχέση με τους υπόλοιπους, ενώ το μέγεθος υποδηλώνει το πλήθος των σχέσεων του μαθητή, σε σχέση με τους συμμαθητές του. Ενώ στην κυκλική-ακτινωτή μορφή, οι πιο “κεντρικοί” μαθητές βρίσκονται στην μέση των κύκλων, υποδηλώνοντας την “θετική” ή “αρνητική” θέση που βρίσκεται ο μαθητής στο κοινωνικό περιβάλλον το, ανάλογα με το εξεταζόμενο είδος κοινωνικών και συναισθηματικών σχέσεων.

Με αυτές τις λειτουργίες, ο εκπαιδευτικός θα είναι σε θέση να έχει εποπτεία της προόδου της τάξης του. Και μαζί με αυτή τη συμβολή, τρέχοντας προσομοιώσεις, παράγονται επιστημονικά αποτελέσματα, τα οποία μπορούν να αποθηκευτούν, να συγκριθούν μεταξύ τους και να διαμορφώσουν μία βάση δεδομένων, που να χρησιμοποιηθεί για μελλοντικές αναφορές και εφαρμογές.

### 1.3 Οργάνωση κεφαλαίων

Η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία, είναι οργανωμένη σε 6 κεφάλαια. Στο Κεφάλαιο 1, πραγματοποιήθηκε η απαραίτητη εισαγωγή, τόσο για την εισαγωγή του θέματος, όσο και της συμβολής που θα έχει η παρούσα διπλωματική εργασία στην επιστημονική κοινότητα. Το κεφάλαιο 2 συνιστά το “Θεωρητικό μέρος” της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Πιο συγκεκριμένα, στο Κεφάλαιο 2, παρέχεται το θεωρητικό υπόβαθρο από την επιστήμη της “Θεωρίας Γραφημάτων”, που είναι απαραίτητο για την κατανόηση των εννοιών που αναφέρονται και χρησιμοποιούνται στο πειραματικό μέρος της πτυχιακής εργασίας. Πιο συγκεκριμένα, στην αρχή και στην ενότητα 2.1, θεμελιώνονται οι βασικές δομικές και θεωρητικές έννοιες, που χαρακτηρίζουν και διακρίνουν μεταξύ τους τα γραφήματα. Έπειτα, προχωράμε στον ορισμό των κοινωνικών γράφων, στην αναπαράσταση των γράφων και τέλος στο σύνολο των δυνατών εργαλείων οπτικοποίησης που υπάρχουν και τεκμηρίωσης εκείνων που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα διπλωματική εργασία. Στο Κεφάλαιο 3 περιγράφεται η υλοποίηση Συστήματος και δυνατότητες του και σε αυτό, εκκινεί το πειραματικό μέρος της διπλωματικής εργασίας, που περιλαμβάνει επιπλέον και τα κεφάλαια 4 και 5. Αναλυτικά στο Κεφάλαιο 3 αρχικά ορίζεται και περιγράφεται το πρόβλημα που καλούμαστε να αντιμετωπίσουμε, ενώ σε επόμενη ενότητα επισημαίνονται τα μέλη, προς τα οποία απευθύνεται το παραγόμενο σύστημα. Στη συνέχεια, υπάρχουν δύο υποενότητες, που κάνουν από κοινού την περιγραφή υλοποίησης συστήματος. Οι δύο ενότητες περιλαμβάνουν την περιγραφή του αλγορίθμου που γράφτηκε σε γλώσσα προγραμματισμού Python3 καθώς και η περιγραφή της παραγόμενης διεπαφής. Τέλος, στην τελευταία ενότητα του 3ου κεφαλαίου, αναλύονται οι δυνατότητες που η υλοποίηση της διπλωματικής εργασίας διαθέτει. Στο Κεφάλαιο 4, αναλύεται η αρχιτεκτονική συστήματος και διαγράμματα των βασικών components. Εν αρχί, παραθέτονται ευρύτερα στοιχεία αρχιτεκτονικής συστήματος και στη συνέχεια, γίνεται ανάλυση της αρχιτεκτονικής αλγορίθμου σε γλώσσα Python3, ενώ επίσης, επισημαίνεται και αιτιολογείται η ανάγκη για παραγωγή ενός περιβάλλοντος διεπαφής και αλληλεπίδρασης του χρήστη, του εκπαιδευτικού φορέα. Ενώ στην τελευταία ενότητα, υπογραμμίζονται όλα τα παραγόμενα αποτελέσματα, που προκύπτουν από τις προηγούμενες της ενότητες του Κεφαλαίου 4. Το Κεφάλαιο 5 εμβαθύνει στην ανάλυση των βημάτων που καλείται ο χρήστης να ακολουθήσει για την πληρέστερη αξιοποίηση του συνολικού παραγόμενου συστήματος. Πιο συγκεκριμένα, αναλύονται τα βήματα που ακολουθήθηκαν και που εκτελούνται διαδοχικά, για να μπορέσει να γίνει ολοκληρωμένη χρήση του αλγορίθμου σε γλώσσα προγραμματισμού Python3, καθώς και επισημαίνονται τα παραγόμενα αποτελέσματα, κατόπιν χρήσης του αλγορίθμου σε Python3. Αντίστοιχα, οι δύο επόμενες ενότητες αφιερώνονται στο μέρος της διεπαφής ανθρώπου υπολογιστή. Πιο αναλυτικά, η τρίτη ενότητα του 5ου Κεφαλαίου, αναλύει τα βήματα που καλείται ο χρήστης να ακολουθήσει, για να γίνει πληρέστερη χρήση της διεπαφής, ενώ στην τελευταία ενότητα, υπογραμμίζονται τα παραγόμενα τελικά αποτελέσματα. Τελευταίο Κεφάλαιο αποτελεί το Κεφάλαιο 6, που αποτελεί και ο Επίλογος της αναφοράς της διπλωματικής εργασίας. Υπογραμμίζονται τα προκύπτοντα συμπεράσματα που προκύπτουν από την ανάλυση, καθώς και δίνονται προτάσεις, κατευθυντήριες κινήσεις, για μελλοντικές επεκτάσεις της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

## Μέρος I

### Θεωρητικό Μέρος

---



## Κεφάλαιο 2

### Θεωρητικό υπόβαθρο

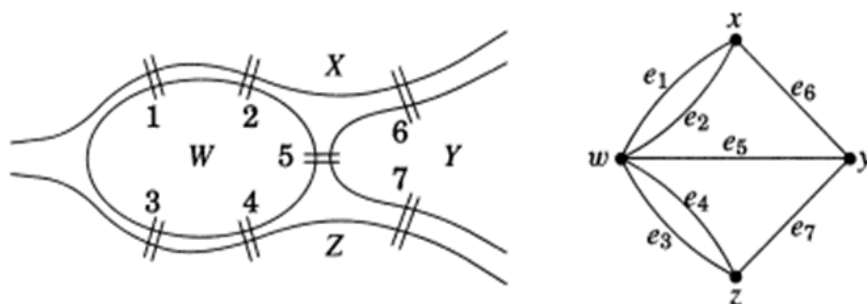
---

Διαχρονικά οι άνθρωποι, δημιουργούν, ανακαλύπτουν, εφευρίσκουν νέες τεχνικές, μεθόδους και εργαλεία, που ανάλογα με το πρόβλημα, το μέγεθος ή το αντικείμενο που καλούνται να αντιμετωπίσουν και αναλύσουν, το δημιουργούν και το προσαρμόζουν στις εκάστοτε ανάγκες. Όντας οι άνθρωποι όντα, με συναισθηματικές και κοινωνικές ανάγκες, οργανώθηκαν σε κοινωνίες, σε συλλογικές και οργανωμένες δομές, τις οποίες και υπήρχε επίσης η ανάγκη να μελετήσουν. Με εργαλείο την παρατήρηση, την επιστημονική ανάλυση για απόδειξη και τα Μαθηματικά, ανέπτυξαν τις κοινωνικές επιστήμες και τις επιστήμες των δικτύων, κοινωνικών και λοιπών. Επομένως, και προτού προχωρήσω στην ανάλυση του θέματος που είχα να ερευνήσω, κρίνεται απαραίτητο να παραθέσω το θεωρητικό υπόβαθρο των γραφημάτων, του απαραίτητου αυτού μαθηματικού εργαλείου.

#### 2.1 Γενικά Στοιχεία των Γραφημάτων

Μία από τις από τις πιο θεμελιώδεις και εκφραστικές δομές, που βοηθούν στην ανάλυση αλγορίθμων και δικτύων, συνιστά το γράφημα (Graph). Για την ιστορία της θεωρίας γραφημάτων θεωρείται σημαντική η μελέτη του Leonard Euler, για τις Επτά Γέφυρες του Κένιγκσμπεργκ (Königsberg) το 1736 [10], όπως και εκείνη που γράφτηκε από τον Γάλλο χημικό Alexandre-Théophile Vandermonde στο μαθηματικό πρόβλημα του Ίππου στη σκακιέρα. Στην παρούσα ενότητα, μάλιστα, παραθέτω μία πρώτη εικόνα, που αναπαριστά το πρόβλημα των γεφυρών του Euler και την αποτύπωσή του με χρήση γραφήματος. Ο τύπος του Euler, σχετικά με τον αριθμό των ακμών, των κορυφών και των εδρών ενός κυρτού πολυέδρου μελετήθηκε από τον Augustin-Louis Cauchy [11] και τον Simon Antoine Jean L'Huilier [12] και είναι αρχή της τοπολογίας. Και όλοι μαζί, διαμόρφωσαν τα θεμέλια, για την «γένεση» του γραφήματος και της θεωρίας, που περιστρέφεται γύρω από την ενασχόληση με τα γραφήματα και τις ιδιότητές του, αυτό που καλείται «Θεωρία Γραφημάτων».

Έχοντας διαμορφωθεί τα θεμέλια της «Θεωρίας Γραφημάτων», δημιουργήθηκε το έδαφος για την περισσότερη εμπάθυνση της επιστήμης και την παραγωγή νέων εννοιών και μεγεθών. Έτσι, σχεδόν εκατό χρόνια μετά τη μελέτη του Euler και την εισαγωγή της τοπολογίας από τον Johann Benedict Listing, ο Arthur Cayley μελέτησε μια ιδιαίτερη κατηγορία γράφων, τα δέντρα. Η μελέτη αυτών των ιδιαίτερων γράφων είχε πολλές εφαρμογές στη θεωρητική χημεία. Οι τεχνικές που αναπτύχθηκαν είχαν να κάνουν κυρίως με την απαρίθμηση γράφων που παρουσίαζαν κάποιες ιδιαίτερες ιδιότητες. Η απαριθμητική θεωρία γράφων ήταν ένα



Εικόνα 2.1: [1] Αριστερά αποτυπώνεται το πρόβλημα των επτά γεφυρών του Königsberg και δεξιά η αποτύπωση του προβλήματος με χρήση γραφήματος

από τα συμπεράσματα του Cayley και δημοσιεύτηκε από τον George Pólya μεταξύ των ετών 1935 και 1937, ενώ η γενίκευση των συμπερασμάτων εκδόθηκε από τον Nicolaas Govert de Bruijn το 1959. Ο Cayley συνέδεσε τα συμπεράσματά του για τα δέντρα με τις σύγχρονες μελέτες για τη χημική σύνθεση [13]. Η σύνθεση των μαθηματικών και των χημικών εννοιών είναι το αρχικό τμήμα της στερεότυπης (standard) ορολογίας της θεωρίας γράφων, η οποία και αποτέλεσε θεμέλιο λίθο για μία σειρά επιστημονικών τομέων, μεταξύ άλλων και των κοινωνικών γράφων, που αναλύονται στην παρούσα διπλωματική.

Ένα γράφημα είναι ένα αντικείμενο που αποτελείται από δύο σύνολα και είναι το σύνολο κορυφών και το σύνολο ακμών. Το σύνολο κορυφών είναι ένα πεπερασμένο μη κενό σύνολο. Το σύνολο ακμών μπορεί να είναι άδειο, αλλά αν σε ένα γράφημα υπάρχει τουλάχιστον μία ακμή, κάθε ακμή, περιέχει δύο στοιχεία του συνόλου κορυφών. Τα στοιχεία του συνόλου των κορυφών ενός γραφήματος ονομάζονται κορυφές (ενικός αριθμός: κορυφή) και τα στοιχεία του συνόλου των ακμών ονομάζονται ακμές. Θα συμβολίσουμε τον αριθμό των κορυφών με « $v$ » και τον αριθμό των ακμών με « $e$ » [14]. Έτσι, για δεδομένο γράφημα  $G$ , το σύνολο των κορυφών συμβολίζεται με  $V(G)$ , και το σύνολο των ακμών συμβολίζεται με  $E(G)$ . Έτσι, μπορεί μία ακμή  $e \in E$  να αναπαρασταθεί ως ένα υποσύνολο του “ με δύο στοιχεία, δηλαδή  $e = (u, v)$  για κάποια  $u, v \in V$ , όπου τα  $u$  και  $v$  ονομάζονται άκρα (ends) της ακμής  $e$ .

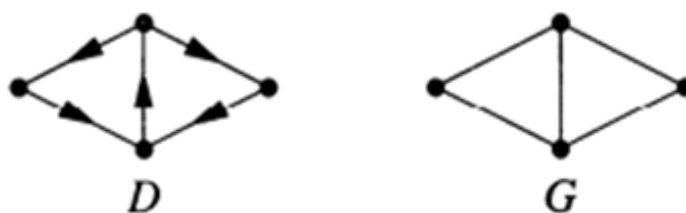
Έχοντας ορίσει τα βασικά χαρακτηριστικά κάθε γραφήματος, δηλαδή την ακμή και την κορυφή, δημιουργούνται νέα μεγέθη και παραμέτροι, που τόσο πρέπει επίσης να λάβουμε υπόψη, όσο και να οριστούν. Μεταξύ άλλων, η ύπαρξη ή μη κατεύθυνσης, σε έναν γράφο. Δεν είναι λίγα τα φαινόμενα της καθημερινότητας, που προσομοιώνονται με τη χρήση μη - κατευθυνόμενου γράφου και μεταξύ άλλων, αποτελούν παραδείγματα όπως: Σιδηροδρομικό δίκτυο μίας χώρας, δίκτυο οπτικών ινών, Δίκτυο εθνικών οδών μίας χώρας, δίκτυο metro μίας μητρόπολης, τοπολογία ενός κτηρίου, μοριακή χημεία και βιολογία, θεωρία παιγνίων και σε πολλές εφαρμογές των κοινωνικών δικτύων (κοινότητες, μη απομονωμένα άτομα και λοιπές εφαρμογές, που δεν ενδιαφέρει η κατεύθυνση των ακμών). Ενώ επίσης δεν είναι λίγα τα φαινόμενα της καθημερινότητας, στα οποία κρίνεται αναγκαία η χρήση κατευθυνόμενου γραφήματος. Μεταξύ άλλων, τέτοιες εφαρμογές αποτελούν: Διαγράμματα ροής (Flowcharts), Μοντελοποίηση επιχειρηματικής διαδικασίας (Business Process Modeling), Δίκτυα κυκλοφορίας οχημάτων, Ανάλυση Συνδέσμων Ιστοσελίδας, Κοινωνικές και Συναι-



σθηματικές σχέσεις ατόμων και Δίκτυα γονιδιακής ρύθμισης (Gene Regulation Networks). Όμως, μαθηματικά, τι σημαίνει κατευθυνόμενο γράφημα και τι σημαίνει μη-κατευθυνόμενο γράφημα;

Ένα κατευθυνόμενο γράφημα ή διγράφημα  $G$  είναι μία τριπλέτα που αποτελείται από ένα σύνολο κορυφών  $V(G)$ , ένα σύνολο ακμών  $E(G)$  και μια συνάρτηση που εκχωρεί σε κάθε ακμή ένα διατεταγμένο ζεύγος κορυφών. Η πρώτη κορυφή του διατεταγμένου ζεύγους είναι η ουρά της άκρης και η δεύτερη είναι το κεφάλι, ενώ και οι δύο κορυφές τις ακμής είναι τα τελικά σημεία. Λέμε ότι μια άκρη είναι μια άκρη από την ουρά της μέχρι το κεφάλι της. Οι όροι “κεφάλι” και “ουρά”, προέρχονται από τα βέλη που χρησιμοποιούνται για τη σχεδίαση διγραφημάτων. Όπως και με τα γραφήματα, εκχωρούμε σε κάθε κορυφή ένα σημείο στο επίπεδο και σε κάθε άκρη μια καμπύλη που ενώνει τα τελικά σημεία της. Όταν σχεδιάζουμε ένα δίγραμμα, δίνουμε στην καμπύλη μια κατεύθυνση από την ουρά προς το κεφάλι. [1] Η κατευθυνόμενη ακμή από την “ουρά” στο “κεφάλι”, σηματοδοτεί μόνο τη δυνατότητα μετάβασης από την “ουρά” στο “κεφάλι”, αλλά όχι το ανάποδο, δηλαδή από το “κεφάλι” στο “ουρά”. Και αυτή είναι η ειδοποιός διαφορά από την περίπτωση των μη κατευθυνόμενων γραφημάτων.

Ένα μη κατευθυνόμενο γράφημα ή γράφημα  $G$  είναι μία τριπλέτα που αποτελείται από ένα σύνολο κορυφών  $V(G)$ , ένα σύνολο ακμών  $E(G)$  και μια συνάρτηση που εκχωρεί σε κάθε ακμή ένα μη διατεταγμένο ζεύγος κορυφών. Η περίπτωση του μη κατευθυνόμενου γραφήματος, χαρακτηρίζεται από συμμετρία και μη σημασία, αναφορικά με την αποτύπωση της διάταξης των κορυφών στην ακμή  $(u,v)$ , με  $u, v \in V(G)$ . Οι ακμές  $(u,v)$  και  $(v,u)$  ταυτίζονται, ενώ σε επίπεδο σχεδίασης, στο μη κατευθυνόμενο γράφημα, η ακμή ανάμεσα σε δύο κορυφές, σχεδιάζεται με απλή γραμμή, χωρίς ανάγκη για βέλη, “κεφάλι” και “ουρά”. Η διαφορά γίνεται διακριτή ανάμεσα στο κατευθυνόμενο γράφημα και στο μη κατευθυνόμενο και με τη βοήθεια της 2ης φωτογραφίας της 2.1 ενότητας.



Εικόνα 2.2: [2] Αριστερά αποτυπώνεται κατευθυνόμενο γράφημα  $D$  (διακριτές οι κατευθύνσεις των εδγες) και δεξιά αποτυπώνεται το μη κατευθυνόμενο γράφημα  $G$

Εκτός από την παράμετρο “κατεύθυνση”, στα γραφήματα μας ενδιαφέρουν και επιπλέον λεπτομέρειες. Καθώς στη Θεωρία Γραφημάτων, υπάρχει μία σειρά γραφημάτων, που χαρακτηρίζονται από έναν ή περισσότερους κόμβους, με ακμές που εκκινούν και καταλήγουν στον εαυτό τους, δηλαδή σχηματίζουν έναν βρόγχο (loop). Υπάρχουν επίσης γραφήματα με ένα ζευγάρι κόμβων, που μπορούν να ενώνονται με παραπάνω από μία ακμές, όπου τότε και γράφος καθίσταται κυκλικός. Γραφήματα που δεν περιέχουν βρόγχους και δεν περι-

έχουν παράλληλες ακμές, χαρακτηρίζονται ως “άπλά”, και στην παρούσα διπλωματική, όλα τα γραφήματα είναι “άπλά”.

Στη Θεωρία Γραφημάτων, επίσης, υπάρχει ενδιαφέρον για ένα επιπλέον μέγεθος, που χαρακτηρίζει επιπλέον τις ακμές ενός γραφήματος και είναι απόρροια των παρατηρήσεων της καθημερινότητας. Το μέγεθος αυτό αποτελεί το “βάρος” σε μία ακμή και είναι εκείνο που διακρίνει τα σταθμισμένα γραφήματα (weighted graphs) από τα μη σταθμισμένα γραφήματα. Η εισαγωγή του “βάρους”, αυτού του πραγματικού αριθμού, δημιουργήθηκε από την ανάγκη πως μία σύνδεση ανάμεσα σε δύο μεγέθη, μπορεί να χαρακτηρίζεται από μεγάλη ισχύ ή από μικρότερη, από μεγάλο κόστος, ή μικρό κόστος. Έτσι π.χ, δύο σιδηροδρομικοί σταθμοί μπορεί να χαρακτηρίζονται από μεγάλη χιλιομετρική απόσταση, και συνεπώς μεγάλο (χρονικό) κόστος διάσχισης, μεγάλο βάρος δηλαδή, ή από μικρή χιλιομετρική απόσταση και συνεπώς μικρό κόστος και βάρος διάσχισης. Επιπλέον σε ένα γράφημα φιλίας, για παράδειγμα, τα βάρη μπορεί να υποδεικνύουν την ένταση μίας φιλίας. Δύο μαθητές μίας τάξης, μπορεί να έχουν ισχυρό συναισθηματικό δεσμό και συνεπώς η ακμή σύνδεσής τους, να χαρακτηρίζεται από μεγάλο βάρος (ισχύος). Αλλά δύο άλλοι μαθητές της ίδια τάξης, είναι πιθανό να έχουν τυπικές φιλικές σχέσεις, οπότε και η συναισθηματική ακμή, να χαρακτηρίζεται από μικρό βάρος (ισχύος). Άλλο παράδειγμα, αποτελεί το γράφημα επικοινωνιών, όπου θα μπορούσαν τα “βάρη” να αντιπροσωπεύουν το κόστος κατασκευής ή συντήρησης των διαφόρων συνδέσεων επικοινωνίας. Αν το  $H$  είναι υπογράφημα ενός σταθμισμένου γραφήματος, το βάρος  $w(H)$  του  $H$  είναι το άθροισμα των βαρών  $\sum_{(e \in H)} (w(e))$  στις άκρες του. Υπάρχουν πολλά προβλήματα βελτιστοποίησης για την εύρεση, μέσα σε ένα σταθμισμένο γράφημα, ενός υπογραφήματος ενός συγκεκριμένου τύπου με ελάχιστο (ή μέγιστο) βάρος. [15] Που σε κάθε περίπτωση, καλύπτονται από τη χρήση του “βάρους” και την αξιοποίηση αλγορίθμων, που είναι σχετικοί με την επίλυση τέτοιου είδους προβλημάτων.

Μία επιπλέον παράμετρος που θα χρησιμοποιηθεί και στο πρακτικό - εργαστηριακό κομμάτι της παρούσας διπλωματικής εργασίας, αποτελεί η έννοια του βαθμού κορυφής. Ο βαθμός κορυφής  $d_G(u)$  μιας κορυφής  $u$  στο  $G$  είναι ο αριθμός των ακμών του  $G$ , που προσπίπτουν με το  $u$ , κάθε βρόχος μετράει ως δύο ακμές. Σημειώνουμε με  $d(G)$  και  $D(G)$  τους ελάχιστους και μέγιστους βαθμούς, αντίστοιχα, των κορυφών του  $G$ . [16] Ο βαθμός κορυφής, είναι μέγεθος που χρησιμοποιείται τόσο στους μη κατευθυνόμενους γράφους όσο και στους κατευθυνόμενους γράφους. Στους μη κατευθυνόμενους γράφους, η έννοια χρησιμοποιείται αυτή καθ’ αυτή και μία ιδιότητα που χαρακτηρίζει ένα γράφο  $G$ , ως προς τους βαθμούς κορυφών, αποτελεί πως :

$$\sum_{(v \in V)} (d(v)) = 2 * |E| \text{ (Σχέση 1)}$$

όπου  $|E|$  αποτελεί το πλήθος των ακμών του γραφήματος και  $V$  αποτελεί ουσιαστικά το σύνολο των κορυφών του γραφήματος  $G$ , ουσιαστικά το σύνολο  $V(G)$ . Η απόδειξη της Σχέσεως 1, πραγματοποιείται στο Α παράρτημα, κατόπιν του Επιλόγου της διπλωματικής εργασίας.

Στους κατευθυνόμενους γράφους, υπεισέρχεται η έννοια της κατεύθυνσης και επομένως επηρεάζει και τα χρησιμοποιούμενα και ορισμένα μεγέθη, αναφορικά με τον βαθμό κορυφής. Δεν υπάρχει μόνο η γενική έννοια του “βαθμού κορυφής”, αλλά επιπλέον υπάρχουν και οι ορισμένες έννοιες (α) βαθμός εισόδου κορυφής (in-degree), που συμβολίζε-

ται ως  $d_G^-(u)$ , (β) βαθμός εξόδου κορυφής (out-degree), που συμβολίζεται ως  $d_G^+(u)$ . Ονομάζουμε τα in-degree και out-degree ενός συνόλου τους ημι-βαθμούς (semi-degrees) του. Ο βαθμός ενός υπογράφου  $W$  που ανήκει στο  $G$ , είναι το άθροισμα των ημι-βαθμών (semi-degrees) του, δηλαδή ο αριθμός  $d(v) = d(v)^+ + d(v)^-$ . [17]. Μερικές φορές, είναι χρήσιμο να μετράμε βρόχους στους ημι-βαθμούς: ο έξω-ψευδοβαθμός μιας κορυφής  $v$  ενός κατευθυνόμενου ψευδογράφου  $D$  είναι "ο αριθμός" όλων των τόξων με ουρά  $v$ . Ομοίως, μπορεί κανείς να ορίσει τον εσω-ψευδοβαθμό μιας κορυφής. Ο ελάχιστος out-degree βαθμός (ελάχιστος in-degree) του γραφήματος  $D$  ορίζεται ως εξής  $d^+(D) = \min_{x \in V(D)} d^+(x)$ ,  $d^-(D) = \min_{x \in V(D)} d^-(x)$ . Ο ελάχιστος ημι-βαθμός του γραφήματος  $D$  ορίζεται ως εξής  $d_0(D) = \min(d^+(D), d^-(D))$ . Ομοίως, μπορεί κανείς να ορίσει το μέγιστο out-degree του  $D$ ,  $D^+(D)$ , και το μέγιστο in-degree του  $D$ ,  $D^-(D)$ . Ο μέγιστος ημι-βαθμός του  $D$  αποτελεί ο  $D_0(D) = \max(D^+(D), D^-(D))$ . Λέμε ότι αυτό το γράφημα  $D$ , είναι "κανονικό" εάν  $d_0(D) = D_0(D)$ . Σε αυτή την περίπτωση, το γράφημα  $D$  χαρακτηρίζεται επίσης και ως  $d_0(D)$ -κανονικό. [17] Επιπλέον, για τους βαθμούς, ισχύει πως μία κορυφή με  $d_G^-(u) = 0$  ονομάζεται "πηγή" (source), καθώς ξεκινούν από αυτήν όλες οι γειτονικές της ακμές. Παρόμοια, μία κορυφή με  $d_G^+(u) = 0$  ονομάζεται "καταβόθρα" (sink). Βασική ιδιότητα για έναν κατευθυνόμενο γράφο, αποτελεί ο τύπος του αθροίσματος, κατά τον οποίον ισχύει ότι:

$$\sum_{(v \in V)} (d(v))^+ = \sum_{(v \in V)} (d(v))^- \quad (\text{Σχέση 2})$$

Η απόδειξη της Σχέσεως 2, πραγματοποιείται στο Β παράρτημα, κατόπιν του Επιλόγου της διπλωματικής εργασίας.

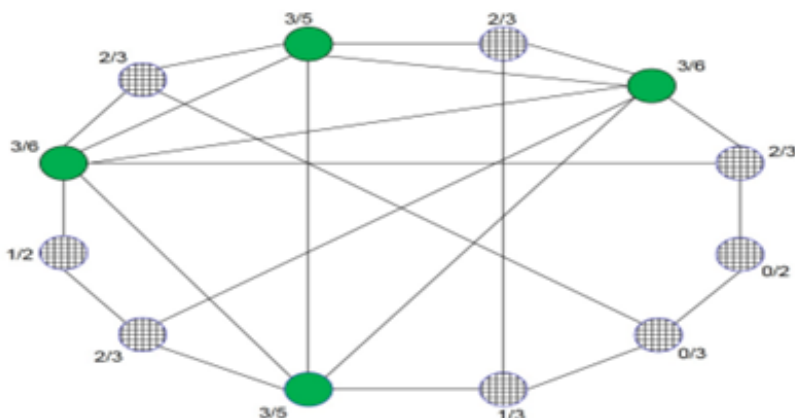
Τέλος, μία αξιολογη ιδιότητα ενός γραφήματος, είναι πως εάν για κάθε κορυφή, ισχύει ότι  $(d(v))^+ = (d(v))^-$ , τότε ο γράφος χαρακτηρίζεται ως ισορροπημένος (balanced) κατευθυνόμενος γράφος.

Όλα τα παραπάνω μεγέθη είναι απαραίτητα, καθώς με αυτά, θα μπορέσουν να οριστούν πιο σύνθετες έννοιες, όπως αυτές θα εμφανιστούν στις επόμενες ενότητες του παρόντος κεφαλαίου, αλλά και θα χρησιμοποιηθούν αρκετές από αυτές, για την υλοποίηση του αλγορίθμου, στο πειραματικό μέρος της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

## 2.2 Κοινωνικοί Γράφοι

Στο πλαίσιο του Διαδικτύου, ο όρος «το κοινωνικό γράφημα» αναφέρεται συνήθως στις συνδέσεις μεταξύ ατόμων που συμμετέχουν σε μια υπηρεσία κοινωνικής δικτύωσης, όπως το Facebook, το LinkedIn ή το Myspace. Ο ιδρυτής του Facebook, Mark Zuckerberg, χρησιμοποίησε τον όρο, καθώς και τον όρο κοινωνικό δίκτυο, όταν συζητά τις σχέσεις μεταξύ των χρηστών στο Facebook και πώς αυτές οι σχέσεις μπορούν να συμβάλουν σε αυτό που αποκαλεί μια πιο πλούσια διαδικτυακή εμπειρία. Στα μαθηματικά, ένα γράφημα είναι μια αφηρημένη αναπαράσταση των σχέσεων μεταξύ πραγμάτων και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μοντελοποίηση διαφόρων φυσικών και ανθρωπογενών συστημάτων, όπως δίκτυα ενέργειας, οικονομίες, κύτταρα και τον Παγκόσμιο Ιστό. Ένα κοινωνικό γράφημα μπορεί να απεικονιστεί σχεδιάζοντας ένα διάγραμμα, όπου τα άτομα αναπαρίστανται με κόμβους ή κουκκίδες και οι συνδέσεις τους αντιπροσωπεύονται από γραμμές που σχεδιάζονται μεταξύ

των κόμβων. Ο όρος μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για να αναφέρεται στο πραγματικό δίκτυο συνδέσεων μεταξύ ατόμων, όσο και σε ένα διάγραμμα που δείχνει μια αναπαράσταση αυτών των σχέσεων. Δεν είναι λίγες φορές που γίνεται αναφορά επίσης και στην έννοια του κοινωνικού δικτύου, μαζί με τον κοινωνικό γράφο, μιας και συνιστούν παρεμφερείς έννοιες. [18]



Εικόνα 2.3: [3] Το παράδοξο της φιλίας στη δουλειά. Οι τέσσερις πιο συνδεδεμένοι πράκτορες έχουν βάση προτίμηση στο μασίφ και οι άλλοι οκτώ προτιμούν το καρό. Τα κλάσματα δίπλα στους παράγοντες είναι οι αντιλήψεις τους για τις προτιμήσεις είναι για στερεά σε σχέση με τα καρό, με βάση αυτό που βλέπουν μεταξύ τους τους φίλους τους στην πρώτη περίοδο. Οι περισσότεροι από αυτούς αντιλαμβάνονται την προτίμηση της πλειοψηφίας για στερεά, με μόνο οι λίγιοι πράκτορες κάτω δεξιά αντιλαμβάνονται την πλειοψηφία για καρό.

Ένα κοινωνικό δίκτυο αποτελείται από ένα πεπερασμένο σύνολο ή σύνολα δρώντων και τη σχέση ή τις σχέσεις που ορίζονται σε αυτά. Η παρουσία σχεσιακών πληροφοριών είναι ένα κρίσιμο και καθοριστικό χαρακτηριστικό ενός κοινωνικού δικτύου. [19]

Στην επιστημονική βιβλιογραφία χρησιμοποιούνται οι όροι δίκτυο και γράφημα εναλλακτικά. Ωστόσο, υπάρχει μια λεπτή διάκριση μεταξύ των δύο ορολογίες: ο συνδυασμός δικτύου, κόμβων και συνδέσμων αναφέρεται συχνά σε πραγματικά συστήματα: το WWW είναι ένα δίκτυο ιστοσελίδων που συνδέονται με διευθύνσεις URL. Η κοινωνία είναι ένα δίκτυο ατόμων που συνδέονται με οικογενειακούς, φιλικούς ή επαγγελματικούς δεσμούς. Το μεταβολικό δίκτυο είναι το άθροισμα όλων των χημικών αντιδράσεων που λαμβάνουν χώρα σε ένα κύτταρο. Σε αντίθεση, χρησιμοποιούμε τους όρους γράφημα, κορυφή και ακμή όταν μιλάμε για το μαθηματική αναπαράσταση αυτών των δικτύων: μιλάμε για το web graph, το κοινωνικό γράφημα (ένας όρος που έγινε δημοφιλής από το Facebook) ή το μεταβολικό γράφημα. Ωστόσο, αυτή η διάκριση γίνεται σπάνια, άρα αυτές οι δύο ορολογίες χρησιμοποιούνται συχνά ως συνώνυμα μεταξύ τους. [20]

Σε κάθε περίπτωση, οι κοινωνικοί γράφοι, συνιστούν είδος πολυγράφου (Multigraph), που η κάθε κορυφή, δεν συνιστά απλώς ένα απλό αντικείμενο, αλλά μία οντότητα με πολλαπλά χαρακτηριστικά και που περιέχει ένα σύνολο δεδομένων που το χαρακτηρίζουν μοναδικά. Κατά βάση, δηλαδή, είναι γραφήματα, με όλες τις ιδιότητες, όπως περιεγράφηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο και με την επιπλέον ιδιότητα της οντότητας, στη θέση των κορυφών.

Στην πραγματική ζωή, όπως διακρίνεται και από τις προηγούμενες παραγράφους, υπάρχουν πολλές οντότητες. Στην παρούσα διπλωματική εργασία, εμβαθύνουμε στην οντότητα του “μαθητή”, που συνιστά ένα κοινωνικό ον, με ανάγκες, προσωπικά στοιχεία καθώς και κοινωνικά και συναισθηματικά χαρακτηριστικά, που το διακρίνουν μοναδικά από τα υπόλοιπα μέλη του περιβάλλοντός του.

## 2.3 Αναπαράσταση και οπτικοποίηση γραφημάτων

Τα γραφήματα, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, χρησιμοποιούνται ως βάση για την υλοποίηση των κοινωνικών, και όχι μόνο, δικτύων. Για την αναπαράσταση των γραφημάτων, υπάρχουν δύο τρόποι αναπαράστασης αυτών. Η μία είναι με χρήση λίστας γειτνίασης και ο δεύτερος τρόπος αποτελεί ο πίνακας γειτνίασης.

Η πιο κοινή μορφή μήτρας στην ανάλυση κοινωνικών δικτύων είναι ένας πολύ απλός τετραγωνικός πίνακας με όσες σειρές και στήλες υπάρχουν στο σύνολο δεδομένων μας. Τα «στοιχεία» ή τα scores στα κελιά του πίνακα, καταγράφουν πληροφορίες σχετικά με τους δεσμούς μεταξύ κάθε ζεύγους κορυφών. Ο απλούστερος και πιο κοινός πίνακας είναι δυαδικός. Δηλαδή, αν υπάρχει ακμή, μπαίνει 1 στο αντίστοιχο κελί, ενώ αν δεν υπάρχει ακμή, εισάγεται μηδέν. Αυτό το είδος μήτρας είναι το σημείο εκκίνησης για σχεδόν όλα τα είδη αναλύσεων δικτύου και ονομάζεται «πίνακας γειτνίασης», ακριβώς επειδή αντιπροσωπεύει το ποιος βρίσκεται δίπλα σε ποιον στον «κοινωνικό χώρο», ο οποίος χαρτογραφείται από τις σχέσεις που έχουμε μετρήσει. [21]



Εικόνα 2.4: [4] Οι κατευθυνόμενοι υπερσύνδεσμοι μεταξύ ιστοσελίδων μπορούν να αναπαρασταθούν χρησιμοποιώντας έναν πίνακα γειτνίασης  $M$ : η καταχώρηση  $M_{ij}$  είναι ίση με 1 εάν υπάρχει σύνδεσμος από τον κόμβο  $i$  στον κόμβο  $j$ , και  $M_{ij} = 0$  διαφορετικά.

Έτσι, αν υπάρχουν  $n = |V|$  (στην εικόνα 5, το  $n$  είναι 4) κορυφές  $v_1, v_2, \dots, v_n$ , αυτός είναι ένας  $n \times n$  πίνακας (στην εικόνα 5, ο πίνακας είναι διαστάσεων  $4 \times 4$ ), του οποίου η καταχώρηση  $(i, j)$  είναι η  $a_{ij}$  με τιμή ίση με 1 εάν υπάρχει ακμή από  $v_i$  στο  $v_j$ , διαφορετικά είναι μηδέν.

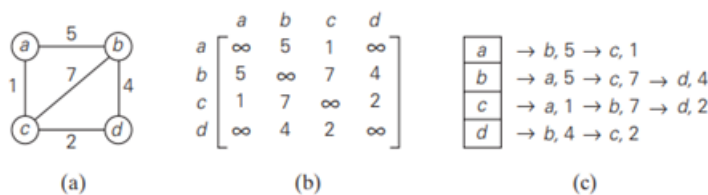
Για μη κατευθυνόμενα γραφήματα, ο πίνακας είναι συμμετρικός, καθώς μια ακμή  $u, v$  μπορεί να ληφθεί προς οποιαδήποτε κατεύθυνση. Εάν υπάρχει ακμή  $u, v$ , τότε συνεπώς υπάρχει και ακμή  $v, u$ , άρα οι θέσεις  $A[u][v]$  και  $A[v][u]$  θα περιέχουν τιμή 1, με  $A$  να αποτελεί τον πίνακα γειτνίασης.

Η μεγαλύτερη ευκολία αυτής της μορφής είναι ότι η παρουσία μιας συγκεκριμένης ακμής μπορεί να είναι ελέγχεται σε σταθερό χρόνο, με μία μόνο πρόσβαση στη μνήμη. Από την άλλη πλευρά, ο πίνακας καταλαμβάνει χώρο  $O(n^2)$ , ο οποίος είναι σπατάλη εάν το γράφημα δεν έχει πολλές ακμές. [22]

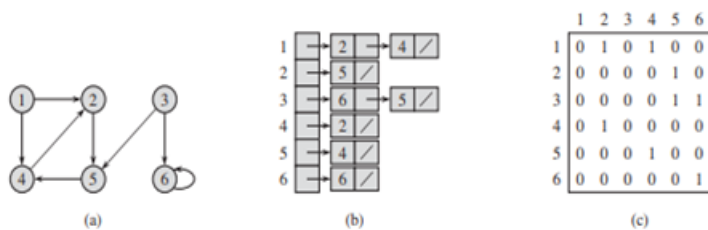
Μια εναλλακτική αναπαράσταση, με μέγεθος ανάλογο με τον αριθμό των ακμών, είναι η λίστα γειννίασης. Αποτελείται από  $|V|$  συνδεδεμένες λίστες, μία ανά κορυφή. Η συνδεδεμένη λίστα για την κορυφή  $u$  περιέχει τα ονόματα των κορυφών στις οποίες το  $u$  έχει μια εξερχόμενη ακμή—δηλαδή, κορυφές  $v$  για τις οποίες το  $(u, v)$  ανήκει στο  $E$ .

Επομένως, κάθε άκρη εμφανίζεται ακριβώς σε μία από τις συνδεδεμένες λίστες εάν το γράφημα είναι κατευθυνόμενο ή σε δύο από τις λίστες εάν το γράφημα δεν είναι κατευθυνόμενο. Είτε έτσι είτε αλλιώς, το συνολικό μέγεθος της δομής δεδομένων είναι  $O(|E|)$ . Ο έλεγχος για μια συγκεκριμένη ακμή  $(u, v)$  δεν είναι πλέον σταθερός χρόνος, επειδή απαιτεί κοσκίνισμα στη λίστα γειννίασης του  $u$ . Αλλά είναι εύκολο να επαναληφθεί μέσω όλων των γειτόνων μιας κορυφής (τρέχοντας την αντίστοιχη συνδεδεμένη λίστα) και, όπως θα δούμε σύντομα, αποδεικνύεται ότι είναι μια πολύ χρήσιμη λειτουργία σε αλγόριθμους γραφημάτων. Και πάλι, για μη κατευθυνόμενα γραφήματα, αυτή η αναπαράσταση έχει μια συμμετρία: το  $v$  είναι στη λίστα γειννίασης του  $u$  αν και μόνο αν το  $u$  βρίσκεται στη λίστα γειννίασης του  $v$ . [22]

Παραθέτω δύο εικόνες γραφημάτων, που αναπαρίστανται τόσο με τη χρήση “πίνακα γειννίασης” όσο με τη χρήση “λίστας γειννίασης”, που αποτελούν οι παρακάτω.



Εικόνα 2.5: [5] (a) Γράφημα με τα βάρη του (b) Ο πίνακας γειννίασης με τα βάρη του (c) Η λίστα γειννίασης με τα βάρη του.



Εικόνα 2.6: [6] Δύο αναπαραστάσεις ενός κατευθυνόμενου γράφου. (a) Ένας κατευθυνόμενος γράφου  $G$  με 6 κορυφές και 8 ακμές. (b) Μία αναπαράσταση του  $G$  με λίστα γειννίασης. (c) Μία αναπαράσταση του  $G$  με πίνακα γειννίασης.

## 2.4 Τεχνολογίες Αναπαράστασης Κοινωνικών γράφων

Η αναπαράσταση και οπτικοποίηση των κοινωνικών γράφων, έχει βαρύνουσα σημασία στον τρόπο με τον οποίον θα παρουσιαστούν οι σχέσεις, από τις οποίες και χαρακτηρίζονται

τα εμπλεκόμενα μεγέθη, που αναπαρίστανται με τη σειρά τους με τη χρήση των κορυφών. Εν προκειμένω και στην παρούσα διπλωματική εργασία, μας ενδιαφέρει να αποτυπώσουμε τα δεδομένα των κοινωνικών και συναισθηματικών σχέσεων που υπάρχουν ανάμεσα σε μαθητές μιας τάξης, είτε πρωτοβάθμιας είτε δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης.

Σε διεθνές επίπεδο, έχουν αναπτυχθεί διαφορετικές μεταξύ τους τεχνολογίες, ως προς την αναπαράσταση των κοινωνικών γράφων. Οι κύριες διαφορές, έγκειται στη γλώσσα προγραμματισμού, πάνω στις οποίες είναι γραμμένες οι τεχνολογίες αυτές, στους στόχους που η κάθε προοπτική, επιδιώκει να επιτελέσει, στην αποτελεσματικότητα και στην φιλικότητα περιβάλλοντος που παρέχει στον κάθε χρήστη. Με γνώμονα τις παραπάνω παραμέτρους και κριτήρια, έγινε η επιλογή των τεχνολογιών που χρησιμοποιήθηκαν και στην παρούσα πτυχιακή εργασία, προσαρμοσμένα στις απαιτήσεις της.

Όπως επισημαίνεται και στην πηγή [23], μερικές τεχνολογίες που υπάρχουν στο διαδίκτυο, και είναι εύκολα προσβάσιμες, αποτελούν εξής:

- **Arbor.js:** Μια βιβλιοθήκη για οπτικοποίηση γραφήματος χρησιμοποιώντας jQuery. Ακόμα κι αν δεν το χρησιμοποιήσετε ποτέ, εσείς θα πρέπει να ελέγξει πώς παρουσιάζεται η τεκμηρίωση ως γράφημα, χρησιμοποιώντας το εργαλείο εαυτό. (Είναι τόσο meta.) Χρησιμοποιεί τον καμβά HTML, επομένως δεν θα λειτουργεί σε παλαιότερα προγράμματα περιήγησης.
- **Cytoscape.js:** Βιβλιοθήκη για ανάλυση και οπτικοποίηση θεωρίας γραφημάτων.
- **Sigma.js:** Μια πολύ ελαφριά βιβλιοθήκη για οπτικοποίηση γραφημάτων. Το Sigma.js είναι όμορφο και γρήγορο, και χρησιμοποιεί επίσης καμβά.

Ενώ, επίσης, στο [23] επισημαίνεται και αναλύεται η τεχνολογία D3.js. Πιο συγκεκριμένα, “Το D3 είναι ένα ισχυρό εργαλείο και έχουμε ξύσει μόνο την επιφάνεια. Καθώς ξεκινάτε να εργάζεστε τα δικά σας έργα οπτικοποίησης, θα ανακαλύψετε πολλές πρόσθετες χρήσιμες μεθόδους και ύπουλες συντομεύσεις. Υπάρχουν πολλά πολύτιμα κομμάτια που δεν κάλυψα εδώ, όπως το D3 ενσωματωμένες μεθόδους για δυναμικό υπολογισμό χρωμάτων, χειρισμό πινάκων και ένθεση δεδομένα σε προσαρμοσμένες δομές—για να αναφέρουμε μόνο μερικά”.

Εκτός από αυτές τις τεχνολογίες, και ύστερα από ενδελεχή αναζήτηση στο Διαδίκτυο, επιπλέον τεχνολογίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για αναπαράσταση των κοινωνικών γράφων, αποτελούν οι εξής κάτωθι:

- **Neo4j:** Το Neo4j είναι μια βάση δεδομένων γραφημάτων με εγγενείς δυνατότητες επεξεργασίας καθώς και εγγενή αποθήκευση γραφημάτων (βλ. Κεφάλαιο 1 για μια συζήτηση σχετικά με την επεξεργασία και αποθήκευση εγγενών γραφημάτων). Εκτός από το ότι είναι η πιο κοινή βάση δεδομένων γραφημάτων που χρησιμοποιείται τη στιγμή της σύνταξης, είναι έχει το πλεονέκτημα της διαφάνειας ότι είναι ανοιχτού κώδικα, καθιστώντας εύκολη την εμφάνιση τρομερός αναγνώστης για να προχωρήσετε ένα επίπεδο βαθύτερα και να επιθεωρήσετε τον κώδικα. Τέλος, είναι μια βάση δεδομένων η οι συγγραφείς γνωρίζουν καλά.[24]
- **Networkx:** Το NetworkX είναι μια από τις κύριες βιβλιοθήκες Python για τη δημιουργία, το χειρισμό και μελέτη σύνθετων δομών δικτύου. Παρέχει δομές δεδομένων για γραφήματα, όπως καθώς και πολλοί γνωστοί τυπικοί αλγόριθμοι γραφημάτων. [25]

- **Gephi:** Ο στόχος του Gephi είναι να κάνει την οπτικοποίηση δικτύου προσβάσιμη σε όλους παρέχοντας ένα σύνολο εργαλείων που χειρίζονται τα πολύπλοκα μαθηματικά που υποστηρίζουν τα γραφήματα. Επομένως, Οι χρήστες του Gephi είναι σε θέση να επικεντρωθούν στην έννοια των υποκειμένων δεδομένων και μπορούν να δοκιμάσουν γρήγορα εναλλακτικές οπτικές προσεγγίσεις που εμφανίζουν καλύτερα τις συνδέσεις δικτύου ο χρήστης επιθυμεί να μοιραστεί με το κοινό του/της [26]

Προς σύμπτυξη και συνοπτική παράθεση, παρατίθεται πίνακας με τις τεχνολογίες, σε συνδυασμό με τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα, από τα οποία χαρακτηρίζεται καθεμία από αυτές. Αυτός αποτελεί ο πίνακας 2.1

Πίνακας 2.1: Σύγκριση Τεχνολογιών Αναπαράστασης Κοινωνικών Γράφων

Τεχνολογία	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Arbor.js	Προσαρμόσιμο και ευέλικτο	Έλλειψη ενεργού ανάπτυξης τα τελευταία χρόνια
D3.js	Προηγμένη οπτικοποίηση, ευελιξία	Απαιτεί περισσότερο προγραμματισμό
Sigma.js	Υψηλή απόδοση με WebGL, επιλογές προσαρμογής	Απαιτεί κάποιο προγραμματισμό
Cytoscape.js	Προηγμένη αναπαράσταση και ανάλυση γράφων	Μαθησιακή καμπύλη
Gephi	Πλήρεις εργαλεία ανάλυσης γράφων	Πολυπλοκότητα ενσωμάτωσης
NetworkX	Ισχυρές δυνατότητες ανάλυσης γράφων	Απαιτούνται ξεχωριστές βιβλιοθήκες οπτικοποίησης
Neo4j	Ισχυρή βάση δεδομένων γράφων με εξειδικευμένο ερώτημα γράφων	Εγκατάσταση διακομιστή και μάθηση γλώσσας Cypher

Από τις παραπάνω τεχνολογίες, εκείνες που χρησιμοποιούνται στην παρούσα διπλωματική εργασία και που εφαρμόζονται εν τοις πράγμασι στο πειραματικό σκέλος, αποτελούν οι τεχνολογίες Networkx και D3.js. Η τεχνολογία Networkx χρησιμοποιείται τόσο λόγω των πλεονεκτημάτων από τις οποίες χαρακτηρίζεται, όσο και λόγω του ότι βασικό μέρος κωδίκων, είναι γραμμένο σε γλώσσα προγραμματισμού Python3. Η δε τεχνολογία D3.js, αποτελεί τεχνολογία προτίμησης, τόσο διότι ικανοποιεί σε απόλυτο βαθμό τις ανάγκες της παρούσας διπλωματικής εργασίας, όσο και γιατί συμβάλει στην κατεύθυνση περαιτέρω εξοικείωσης του developer, με καταγραφή μεγάλου όγκου κώδικα προγραμματισμού. Οπότε και αυτές οι τεχνολογίες αναπαράστασης κοινωνικών γράφων, είναι που εφαρμόζονται και πρακτικά στο πειραματικό μέρος της εν λόγω πτυχιακής.



Μέρος 

**Πρακτικό Μέρος**

---



## Κεφάλαιο **3**

# Υλοποίηση Συστήματος και δυνατότητες του

---

**Ε**δώ εκκινεί το Πειραματικό Μέρος της παρούσας διπλωματικής εργασίας, με δεδομένο πως στα προηγούμενα κεφάλαια, είχαν θεμελιωθεί σε θεωρητικό επίπεδο, τα εργαλεία, μαθηματικά και προγραμματιστικά, που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξη των κωδίκων και των αλγορίθμων, που δομούν και διαμορφώνουν την διπλωματική εργασία.

### **3.1 Ορισμός του προβλήματος**

Βασικό συστατικό στοιχείο στην ανάλυση και στην ανάπτυξη ενός μοντέλου, που θα είναι σε θέση να προσεγγίσει ικανοποιητικά και με κατά τον καλύτερο δυνατό τρόπο τις κοινωνικές και συναισθηματικές σχέσεις που μπορούν να αναπτύξουν οι μαθητές μίας τάξης πρωτοβάθμιας/δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης μεταξύ τους, είναι το κομμάτι της πρόβλεψης, δηλαδή του να προσομοιωθούν οι κοινωνικές και συναισθηματικές σχέσεις που μπορούν και θα αναπτυχθούν σε βάθος χρόνου. Ο χρονικός ορίζοντας μπορεί να είναι βραχυπρόθεσμος, για παράδειγμα για την κατανομή μίας ομαδικής εργασίας, ή μακροπρόθεσμος, με στόχο παραδειγματικά, την επίβλεψη και πρόληψη φαινομένων παραβατικής συμπεριφοράς, κοινωνικών αποκλεισμών, εμφάνισης απομονωμένης κλίκας ή εμφάνιση αντιδραστικής συμπεριφοράς μαθητών. Η επιλογή του χρονικού αυτού ορίζοντα, επηρεάζεται και καθορίζεται από μερικές παραμέτρους. Αυτές αποτελούν το διαμεσολαβούμενο διάστημα επίβλεψης και ερωτηματολογίων, προκειμένου να παρατηρηθούν οι ανανεωμένες κοινωνικές και συναισθηματικές σχέσεις των μελών της τάξης, το πεδίο εφαρμογής καθώς και το αντικείμενο παρατήρησης που κάθε φορά μας ενδιαφέρει να παρατηρήσουμε και να ερευνήσουμε.

### **3.2 Απευθυνόμενα μέλη προς χρήση**

Βασικό ενδιαφέρον στην εμβάθυνση που θα κάνουμε, προτού γίνει ανάλυση των βημάτων του αλγορίθμου που αναπτύχθηκε για την πρόβλεψη των μελλοντικών κοινωνικών και συναισθηματικών σχέσεων ενός δοσμένου κοινωνικού γράφου, είναι να γίνει ξεκάθαρο το σε ποιους απευθύνεται η παρούσα υλοποίηση, όπως αυτή περιγράφεται στην παρούσα διπλωματική εργασία. Η μοντελοποίηση και το σύνολο των αποτελεσμάτων που απορρέουν από αυτήν, δηλαδή ο παραγόμενος μελλοντικός κοινωνικός γράφος σε όλες τις εκφάνσεις συναισθηματικής έκφρασης (“Προτίμηση”, “Εκτίμηση Προτίμησης”, “Απόρριψη”, “Εκτίμηση Απόρριψης”), παράγονται για το σύνολο των δασκάλων και καθηγητών, που δραστηριοποιο-

ύνται είτε στη πρωτοβάθμια είτε στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Ο εκπαιδευτικός, για να μπορέσει να παρακολουθήσει τις εξελίξεις στις κοινωνικές και συναισθηματικές σχέσεις των μαθητών, πολλές φορές επικαλείται την εμπειρία που έχει αποκτήσει μέσα στην επαγγελματική του σταδιοδρομία, καθώς, επίσης, και τις γνώσεις που έχει αποκομίσει κατά την εκπαιδευτική του διαδικασία. Ωστόσο, τα μεγέθη αυτά δεν είναι σε όλες τις περιπτώσεις αρκετά και συνεπώς δημιουργείται η ανάγκη για δημιουργία ενός “βοηθού” του εκπαιδευτικού φορέα, που θα τον συνοδεύει στο έργο του και θα τον ενημερώνει για την κατάσταση που επικρατεί στην τάξη του, αναφορικά με το επίπεδο συναισθηματικών και κοινωνικών σχέσεων των μαθητών της τάξης του. Προς αυτή την κατεύθυνση, έρχεται να συνδράμει η παρούσα υλοποίηση. Να λειτουργήσει ως αρωγός στο σημαντικό κοινωνικό και επαγγελματικό ρόλο που επιτελεί ο δάσκαλος και να αποτελέσει χρήσιμος σύμβουλος, που θα συνδράμει στη προσεκτικότερη και πιο ορθή λήψη αποφάσεων από τη μεριά του εκπαιδευτικού. Οι αποφάσεις αυτές, θα στοχεύουν σε κάθε περίπτωση, στην προαγωγή της υγιούς αλληλεπίδρασης, στην καλλιέργεια του κλίματος συνεργασίας, άμιλλας και σύμπνοιας μεταξύ των μαθητών.

### 3.3 Περιγραφή υλοποίησης συστήματος

#### 3.3.1 Κώδικας Python3 και ανάγκη παραγωγής διεπαφής

Το μοντέλο χαρακτηρίζεται ως κατέξοχην προγραμματιστικό και έχει τη βάση του πάνω σε κώδικες προγραμματισμού, γραμμένους σε γλώσσες προγραμματισμού. Το μοντέλο και η αρχιτεκτονική του, χωρίζεται σε δύο μεγάλα σκέλη. Το ένα σκέλος, που είναι καθαρά αλγοριθμικό, αποτελεί το κομμάτι της πρόβλεψης κοινωνικών και συναισθηματικών σχέσεων, καθώς και της παραγωγής κοινοτήτων που προβλέπεται να υπάρξουν στο προβλεπόμενο μέλλον. Το άλλο σκέλος, που είναι κατέξοχην αλληλεπίδρασης του χρήστη με τον υπολογιστή, αποτελεί το κομμάτι της ανάπτυξης ενός συνόλου κωδικών, που θα χρησιμοποιηθούν για να μπορέσει να διαμορφωθεί ένα περιβάλλον εργασίας, που θα είναι φιλικό και λειτουργικό για τον χρήστη, που εν προκειμένω, αποτελεί ο εκπαιδευτικός φορέας.

Πιο αναλυτικά, στο πρώτο σκέλος, αποτελεί ο κώδικας, που είναι γραμμένος σε γλώσσα προγραμματισμού Python3 και πιο συγκεκριμένα σε αρχείο τύπου `.ipynb`, γεγονός που σημαίνει ότι αποτελεί αρχείο τύπου Notebook. Όπως είναι γνωστό, κάθε πρόβλημα, κάθε αλγόριθμος μπορεί να εκφραστεί και επιλυθεί με τη βοήθεια σχεδόν όλων των γλωσσών προγραμματισμού, ανάλογα και με τη φύση του προβλήματος. Από το σύνολο των γλωσσών προγραμματισμού, επιλέχθηκε η γλώσσα προγραμματισμού Python3, καθώς η εν λόγω γλώσσα πλεονεκτεί και χαρακτηρίζεται από τα εξής στοιχεία :

- Είναι ανοικτού κώδικα, ελεύθερη και ευρέως διαθέσιμη, με μία τεράστια κοινότητα ανοικτού κώδικα.
- Είναι ευκολότερη στην εκμάθηση από γλώσσες όπως οι C, C++, C# και Java, επιτρέποντας σε αρχάριους και σε επαγγελματίες προγραμματιστές να ενημερώνονται γρήγορα.
- Διαβάζεται ευκολότερα από πολλές άλλες δημοφιλείς γλώσσες προγραμματισμού.

- Είναι δημοφιλής στην τεχνητή νοημοσύνη, η οποία μετέρχεται εκρηκτικής αύξησης, εν μέρει εξ αιτίας της ειδικής σχέσης της με την επιστήμη δεδομένων. [27]
- Επιπλέον, περιέχει πακέτα, όπως είναι το πακέτο Networkx, που είναι ευέλικτα, εύκολα στην παραγωγή γράφων, κατευθυνόμενων και μη, που βοηθούν άμεσα στην οπτικοποίηση κοινωνικών γράφων και περιέχουν έτοιμες συναρτήσεις για μετρικές ομοιότητας, κεντρικότητας και μεγέθη της “Θεωρίας Γραφημάτων”.

Για τους ίδιους λόγους και εγώ, προτίμησα να χρησιμοποιήσω την εν λόγω γλώσσα προγραμματισμού, ως βάση για την υλοποίηση της μοντελοποίησης. Επιπλέον, προτιμήθηκε μεταξύ των δυνατών αρχείων σε Python3 γλώσσα προγραμματισμού, ο τύπος αρχείου .ipynb και όχι ο .py, δηλαδή να είναι σε Notebook, καθώς αυτός ο τύπος αρχείου, είναι συμβατός με την διαδικτυακή πλατφόρμα εργασίας Google Colab, στην οποία επιλέχθηκε να γίνει η ανάπτυξη του αλγοριθμικού σκέλους, καθώς και επειδή δίνει τη δυνατότητα οπτικά, να παρεμβάλλει μεγάλους σχολιασμούς, επικεφαλίδες, επεξηγήσεις, αλλά και λειτουργικά να υποστηρίζει με φιλικό για τον χρήστη τρόπο, την εισαγωγή και εξαγωγή .json αρχείων, όπως οι ανάγκες το απαιτούν.

Ο αλγόριθμος που αναπτύχθηκε σε γλώσσα Python3 και το παραγόμενο Notebook, ωστόσο, με παρεπόμενο την παραγωγή του τελικού .json αρχείου, που με τη σειρά του αποτυπώνει τις μελλοντικές κοινωνικές και συναισθηματικές σχέσεις των μαθητών, δεν είναι αρκετά μεγέθη. Εξίσου σημαντικό, πέρα από την αποτύπωση του αλγορίθμου, αποτελεί και η οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων που παράγονται. Σε οικείο για τον χρήστη περιβάλλον διεπαφής, μέσω του οποίου ο χρήστης, ο δάσκαλος, ο καθηγητής, θα είναι σε θέση να βλέπει τις μελλοντικές προβλέψεις που η Μηχανική Μάθηση του προτείνει. Να διαθέτει χρώματα, που ευδιάκριτα θα μαρτυρούν το ποιες νέες κοινωνικές και συναισθηματικές σχέσεις των μαθητών της τάξης του, είναι πιθανόν να προκύψουν, ή και να εκλείψουν. Να χαρακτηρίζεται από φίλτρα και κουμπιά, μέσα από τα οποία ο εκπαιδευτικός φορέας, να μπορεί να συγκρίνει διαφορετικούς κοινωνικούς γράφους, κάθε στιγμή, είτε αποτελούν παροντικούς γράφους είτε μελλοντικούς. Να μπορεί να συγκρίνει και να παρατηρεί την πορεία των μετρικών και να ενημερώνεται έγκαιρα, προκειμένου να μπορέσει να αποτρέψει φαινόμενα αποξένωσης μαθητών, απομόνωσης ή δημιουργίας κλίκας μαθητών, απομονωμένης από το υπόλοιπο σχολικό περιβάλλον.

Για τους παραπάνω λόγους, κρίθηκε απαραίτητο και επιτακτικό, η παραγωγή κώδικα και περιβάλλοντος, προκειμένου να γίνει η οπτικοποίηση των παραπάνω ζητούμενων, αποτελώντας αυτό το δεύτερο σκέλος της διπλωματικής εργασίας. Και η οπτικοποίηση αυτή, γίνεται με τη βοήθεια των γλωσσών προγραμματισμού JavaScript, HTML και CSS. Πιο αναλυτικά, για την διαμόρφωση του Frontend μέρους του website, του περιβάλλοντος εργασίας, πάνω στο οποίο θα εργαστεί, αναλύσει, ερευνήσει ο εκπαιδευτικός, χρησιμοποιείται η HTML, ενώ για τα διακοσμητικά χαρακτηριστικά, τις συμπεριφορές χρωμάτων και μεγεθών κατά τις διεργασίες του ποντικού, χρησιμοποιείται στο σκέλος <style> </style> η CSS γλώσσα προγραμματισμού. Τέλος, για την επίτευξη και διαμόρφωση των λειτουργιών, τους τρόπους συμπεριφοράς και αντίδρασης που θα πραγματοποιηθούν, όταν “πυροδοτείται” (trigger) μία ενέργεια (φεριπείν πάτημα ενός κουμπιού), χρησιμοποιείται η γλώσσα προγραμματισμού JavaScript. Βασικό

μέγεθος της JavaScript για την παραγωγή της παρούσας διπλωματικής εργασίας, αποτελεί η βιβλιοθήκη D3.js.

Το D3 (Data-Driven Documents ή D3.js) αποτελεί μια βιβλιοθήκη JavaScript για οπτικοποίηση δεδομένων χρησιμοποιώντας πρότυπα Ιστού και βοηθά να ζωντανέψουν τα δεδομένα χρησιμοποιώντας SVG, Canvas και HTML, σε δισδιάστατες και τρισδιάστατες αναπαραστάσεις, που είναι οικείες και φιλικές για τον κάθε χρήστη. Συνδυάζει τα χαρακτηριστικά του Frontend προγραμματισμού, όπως αποτυπώνονται και υλοποιούνται με τη βοήθεια της HTML στην περίπτωση μας, με το Backend του προγραμματισμού, καθώς αποτελεί γλώσσα JavaScript, και συνεπώς υλοποιείται ακολουθώντας συγκεκριμένους συντακτικούς κανόνες. Διαθέτει επίσημο site που είναι αναρτημένο στο διαδίκτυο, με πληθώρα εφαρμογών και project, περιλαμβάνοντας και κώδικα υλοποίησης και διαφαίνεται το site στην Εικόνα 3.1 .



Εικόνα 3.1: [7] Εικόνα από το επίσημο site του D3.js, από το οποίο χρησιμοποιήθηκαν πολυπλές πληροφορίες για την υλοποίηση της διπλωματικής εργασίας.

### 3.3.2 Εργαλεία ανάπτυξης κώδικα Python3 και διεπαφής

Όπως επισημάνθηκε και προηγουμένως, ο κώδικας σε γλώσσα προγραμματισμού Python3, υλοποιήθηκε με τη χρήση της διαδικτυακής πλατφόρμας εργασίας Google Colab. Η αξιοποίηση απλά και μόνο των γλωσσών προγραμματισμού, όμως, δεν αποτελεί αρκετό γεγονός για την οργάνωση και δόμηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Απαραίτητο εφόδιο προς αυτή την κατεύθυνση, αποτελεί και η πλατφόρμα, πάνω στην οποία θα γίνει η ανάπτυξη των κωδίκων προγραμματισμού σε JavaScript, HTML και CSS. Για την υλοποίηση, χρησιμοποίησα το πρόγραμμα «Visual Studio Code» και πάνω σε αυτό επίσης, τρέχω και το HTML αρχείο, προκειμένου να δομηθεί η web διεπαφή. Έτσι τώρα, πάνω στην web διεπαφή, ο δάσκαλος ή ο καθηγητής θα είναι σε θέση να πραγματοποιήσει την δική του έρευνα.

Όπως και στην περίπτωση του αλγορίθμου σε Python3, έτσι και στην περίπτωση της HTML και της Web διεπαφής, ο χρήστης, εν προκειμένω ο υποψήφιος καθηγητής και εκπαιδευτικός, θα πρέπει να ακολουθήσει κάποια διαδοχικά βήματα, προκειμένου να μπορέσει να προχωρήσει σε χρήση της διεπαφής μέσω HTML. Και πιο συγκεκριμένα, να μπορέσει ο εκπαιδευτικός φορέας να αντλήσει πειραματικά αποτελέσματα, να παράξει νέα δεδομένα,

να παρακολουθήσει τις προβλεπόμενες από την Μηχανική Μάθηση εξελίξεις στις κοινωνικές και συναισθηματικές σχέσεις των μαθητών της τάξης του, να τονιστεί τυχόν κίνδυνος απομόνωσης κάποιου μαθητή ή κλίκας από το υπόλοιπο κοινωνικό σώμα, να συνιστήσει στον εκπαιδευτικό να προωθήσει τη συνεργασία μεταξύ δύο μαθητών του. Αλλά και γενικότερα, να μπορέσει ο δάσκαλος, να λάβει σημαντικές απαντήσεις σε καίρια ζητήματα, που απειλούν την ισορροπία και τη συνοχή της τάξης, αποσκοπώντας στην προώθηση της ομόνοιας και της αμοιβαίας συνεργασίας του με το σύνολο των μαθητών της τάξης.

### 3.4 Περιγραφή δυνατοτήτων της υλοποίησης και χαρακτηριστικών

Για να μπορέσει ο εκπαιδευτικός φορέας να επιτελέσει αποτελεσματικότερα τον κοινωνικό ρόλο που διαδραματίζει, είναι απαραίτητο να έχει στην διάθεσή του, έναν αξιόπιστο και με πολλές παροχές “σύμβουλο”, με πολλές δυνατότητες και υπηρεσίες. Στόχος του εργαλείου, θα πρέπει να είναι να βοηθάει τον χρήστη να μπορεί να πραγματοποιεί συγκρίσεις και να λαμβάνει τις καλύτερες δυνατές επιλογές, προς όφελος των μαθητών και του συλλογικού καλού της τάξης του.

Λαμβάνοντας υπόψη τις τεράστιες ανάγκες για καλύτερη λήψη αποφάσεων σε κρίσιμες κοινωνικές θέσεις, όπως είναι αυτή του δασκάλου, και τη διαχρονική βαρύτητα του ρόλου του εκπαιδευτικού, που είναι μεγάλη για τη διασφάλιση της ομόνοιας της τάξης, της διαπαιδαγώγησης των μαθητών κάθε τάξης και της μεταλλαμπάδευσης αρχών, ηθών, αξιών, ήταν αναγκαίο στην παρούσα πτυχιακή εργασία, να προσδώσουμε πολλές δυνατότητες, χαρακτηριστικά και επιλογές. Και αυτό, καθώς από περιοχή σε περιοχή, από χώρα σε χώρα, οι ανάγκες, οι πολιτιστικές και ηθικές αξίες, ποικίλουν, συνεπώς και υπάρχει πληθώρα αναγκών και περιστάσεων.

Πιο αναλυτικά, η υλοποίηση, όπως φάνηκε και από τις προηγούμενες ενότητες, αποτελείται από ένα μεγάλο σκέλος αλγοριθμικό σε γλώσσα προγραμματισμού Python3 και από ένα εξίσου μεγάλο κομμάτι, επικοινωνίας, αλληλεπίδρασης και οπτικοποίησης των κοινωνικών και συναισθηματικών γράφων μαθητών τάξεων.

Ως προς το πρώτο σκέλος, ο κώδικας, το Notebook, προσφέρει πολλές δυνατότητες και χαρακτηριστικά που υποστηρίζει. Πιο συγκεκριμένα:

- Προσφέρει τη δυνατότητα στον χρήστη να κάνει εισαγωγή οποιουδήποτε .json αρχείου, που χαρακτηρίζεται τουλάχιστον από τα χαρακτηριστικά «graph», «directed», «multigraph», «links», «nodes», με τα δύο τελευταία, να είναι τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά. Δεν υπάρχει περιορισμός κοινωνικού γράφου, παρά μόνο περιορισμός είδους αρχείου, που θα είναι υποχρεωτικά .json. Επίσης, υπάρχει γενίκευση εισόδου, γεγονός που μπορεί να ικανοποιήσει όλες τις σχολικές τάξεις διεθνώς.
- Προσφέρει τη δυνατότητα στον χρήστη να “επικαιροποιήσει” τον κοινωνικό γράφο, οπότε όλες οι προσθήκες και αφαιρέσεις ακμών κάθε κοινωνικής και συναισθηματικής αλληλεπίδρασης («Preference», «Perception of Preference», «Rejection», «Perception of Rejection») από πράσινο και κόκκινο χρώμα αντίστοιχα, επικαιροποιείται σε γκρι, όπως οι υπόλοιπες ακμές.

- Δυνατότητα προσθήκης των .csv αρχείων με τα δεδομένα κοινωνικών και συναισθηματικών χαρακτηριστικών των μαθητών, σε ατομικό και κοινωνικό επίπεδο
- Υπολογισμός των κοινωνικών και συναισθηματικών “αποστάσεων” των μαθητών της τάξης, για δεδομένο αρχείο εισόδου.
- Παραγωγή των κοινωνικών γράφων όλων των τύπων κοινωνικών σχέσεων («Preference», «Perception of Preference», «Rejection», «Perception of Rejection») με `nx.DiGraph()`, αφού είναι κατευθυνόμενοι γράφοι και οπτικοποίηση, με τη χρήση της εντολής `nx.draw_circular()` και `plt.show()`
- Υπολογισμός για όλα τα edges που δεν υπάρχουν στον κοινωνικό γράφο, τα centralities betweenness, closeness, degree. Για τους γράφους με social criterion, οι τιμές υπάρχουν επιπλέον και στο αρχείο `MembersEmotionalCompetences.csv`. Οπότε και σε κάθε περίπτωση, γίνεται αξιοποίηση των κοινωνιολογικών παραμέτρων που έχουν οι μαθητές μέχρι στιγμής εντός του αλγορίθμου.
- Για όλα τα edges που δεν υπάρχουν στον κοινωνικό γράφο, γίνεται υπολογισμός των μετρικών common neighbors, Jaccard Similarity, Adamic Adar metric και Preferential Attachment.
- Χρήση Μηχανικής Μάθησης και πιο συγκεκριμένα επιβλεπόμενης Μηχανικής Μάθησης (Supervised Learning), με χρήση VotingClassifier και επιμέρους ταξινομητές τους SVM με γραμμικό πυρήνα, τον RandomForestClassifier και τον LogisticRegression. Η επιλογή αυτή πραγματοποιήθηκε, καθώς διαπιστώθηκε πως μία τέτοια προσέγγιση, δίνει πολύ καλές τελικές αποδόσεις σε όλες τις μετρικές σύγκρισης.
- Έχοντας ολοκληρωθεί ο ορισμός των X train, y train, X test, y test και ο ορισμός του μοντέλου, προσφέρεται η δυνατότητα υπολογισμού των πιθανοτήτων για την διαμόρφωση και δημιουργία ενός νέου edge στον κοινωνικό γράφο του είδους του, με την χρησιμοποίηση της συνάρτησης predict\_proba, θέτοντας ως παράμετρο το X test.
- Ορισμός μετρικής και συνάρτησης, που να υπολογίζει την εγγύτητα των ατόμων αναφορικά με την απόσταση και τα χαρακτηριστικά των μαθητών, δηλαδή “Αυτοσυναίσθηση”, “Ενσυναίσθηση”, “Συναισθηματική ρύθμιση”, “Ευελιξία”, “Επιρροή”, “Εκφραση Συναισθήματος”, “Αισιοδοξία”, “Διεκδικητικότητα”, “Αυτοκίνητρο”, “Σχέσεις”, “Αυτο - εκτίμηση”, “Ομαδική εργασία”. Ο ορισμός της απόστασης πραγματοποιείται στον κώδικα, σε συνάρτηση με ονομασία `elements apostasi` με παραμέτρους τους δύο μαθητές κάθε φορά που εξετάζονται.
- Παροχή δυνατότητας προσθήκης και αφαίρεσης ακμών, με βάση τα score κοινωνικής και συναισθηματικής εγγύτητας που οι ακμές έχουν πετύχει.
- Προσθήκη των νέων ακμών που προστέθηκαν στις λίστες με τα χαρακτηριστικά των edges. Δηλαδή στις λίστες «weight», «criterion», «source», «target» και «key»



- Παρέχεται η δυνατότητα με χρήση αλγορίθμων εύρεσης κοινοτήτων, όπως είναι οι αλγόριθμοι Girvan-Newmann και Modularity Maximization, να βρεθούν κοινότητες μαθητών.
- Παραγωγή ενός τελικού αρχείου, τύπου .json, το οποίο περιέχει τα χαρακτηριστικά «directed», με τιμή true, «multigraph» με τιμή true, το χαρακτηριστικό «graph» με περιεχόμενο (), το χαρακτηριστικό «nodes» με περιεχόμενο τις κορυφές που υπήρχαν και στον αρχικό γράφο, το χαρακτηριστικό «links», που περιέχει όλες τις ακμές, χρώματος γκρι, μαύρες, πράσινες και κόκκινες, καθώς και το χαρακτηριστικό «communities», με όλες τις κοινότητες, για όλους τους τύπους κοινωνικών γράφων προτίμησης (Preference), εκτιμώμενης προτίμησης (Perception Preference), απόρριψης (Rejection) και εκτιμώμενης απόρριψης (Perception Rejection).

Όλα αυτά τα χαρακτηριστικά, διαμορφώνουν ένα συνολικό πλαίσιο, που προσαρμοσμένο στο εξεταζόμενο κοινωνικό περιβάλλον, στο χρονικό εξεταζόμενο ορίζοντα που ο χρήστης, ο εκπαιδευτικός φορέας θα θέσει, καθώς και στις ανάγκες έρευνας, εμπάθυνας και ανάλυσης που επιδιώκεται να πραγματοποιηθεί.

Από την άλλη μεριά, δυνατότητες και χαρακτηριστικά, προσφέρονται σε μεγάλο και αξιόλογο βαθμό και από το σκέλος της οπτικοποίησης και διεπαφής. Η διεπαφή, προσφέρει δυνατότητες και έχει χαρακτηριστικά, τα οποία αποτελούν:

- Δυνατότητα μετάφρασης και χρήσης μία από τις γλώσσες: Αγγλικά, Ελληνικά, Ισπανικά, Γαλλικά, Γερμανικά, Ιταλικά, Ρουμάνικα, Ρωσικά, Σέρβικα, Τουρκικά, Αλβανικά, Ουγγρικά, Πολωνικά, Σουηδικά, Φινλανδικά ή Βουλγάρικα
- Δυνατότητα εισαγωγής δύο αρχείων, που πρέπει να είναι τύπου .json και .js, που θα περιέχει τις κοινωνικές σχέσεις κάθε τύπου, με κορυφές τους μαθητές και ακμές τις κοινωνικές και συναισθηματικές σχέσεις μεταξύ τους.
- Εισαγωγή δύο .json αρχείων, καθένα από τα οποία εμπεριέχει τα χαρακτηριστικά των κοινωνικών γράφων όλων των ειδών κοινωνικών σχέσεων και των μαθητών, των κορυφών που συμμετέχουν στους σχετικούς κοινωνικούς γράφους (τύπου Preference, Perception of Preference, Rejection, Perception of Rejection)
- Ορισμός σε ποια μορφή επιθυμεί ο χρήστης να του εμφανιστούν οι κοινωνικοί γράφοι. Υπάρχουν δύο δυνατότητες επιλογής μορφολογικής για την αποτύπωση των κοινωνικών γράφων. Η μία είναι μορφή ελεύθερης μορφής (Free Form) και η άλλη είναι μορφής ακτινικής μορφής (Radial Form).
- Παροχή κουμπιού «Refresh Page», για να φρεσκάρει ο χρήστης ξανά τη σελίδα και να εκκινήσει από την αρχή.
- Εμφάνιση 8 κουμπιών, εκ των οποίων τα 4 κουμπιά αναφέρονται στην περίπτωση της ελεύθερης μορφής και τα υπόλοιπα 4, με τα ίδια ονόματα όπως και πριν, αναφέρονται στην περίπτωση της ακτινικής μορφής. Το καθένα από αυτά, αποτυπώνει τύπο κοινωνικής και συναισθηματικής σχέσης, δηλαδή περίπτωση Προτίμησης, Εκτίμησης Προτίμησης, Απόρριψης και Εκτίμησης Απόρριψης.

- Οι δυνατότητες που υπάρχουν στο Dropdown μενού, περιλαμβάνουν τις επιλογές «Preference – Perception Preference Common», «Rejection – Perception Rejection Common», «Preference – Perception Preference» και «Rejection – Perception Rejection».
- Παροχή δυνατοτήτων υπό την μορφή κουμπιών, και οι δυνατότητες αυτές, περιλαμβάνουν τις επιλογές «Added Relationships», «Removed Relationships», «Isolated Members», «Communities» και «Reset»
- Ύπαρξη κελιού, που έχει τίτλο «Color Representation» και στόχο έχει την επεξήγηση των χρωμάτων των ακμών. Ο ρόλος που το κάθε χρώμα στις ακμές διαδραματίζει, επισημαίνεται με μία περιγραφή του σκοπού αναλυτικά.
- Πίνακας που χαρακτηρίζεται από δυναμικότητα και περιλαμβάνει τις τιμές που πετυχαίνει τόσο ο 1ος όσο και 2ος κοινωνικός γράφος σε 11 μετρικές ομοιότητας των γράφων και αποτελούν οι: δείκτης συσχέτισης, δείκτης διάστασης, συνολικός δείκτης αμοιβαιότητας, δείκτης κοινωνικής μετάβασης, δείκτης μεταβατικότητας, πυκνότητα, μέση συντομότερη διαδρομή γράφου, διάμετρος γράφου, ποσοστό των απομονωμένων μελών, δείκτης ευρωστίας κόμβου και δείκτης στιβαρότητας ακμών. Ενώ επίσης, στον πίνακα επισημαίνεται η επί τοις εκατό μεταβολή της μετρικής, συγκρίνοντας τους δύο γράφους από τα δύο αρχεία, του πρώτου και του δεύτερου αρχείο πάνω στον υπό εξέταση τύπο κοινωνικού γράφου.

Αναλυτικότερα για τα βήματα που καλείται ο χρήστης να ακολουθήσει και να εφαρμόσει, τόσο στην περίπτωση του κώδικα σε γλώσσα προγραμματισμού Python3 όσο και στην περίπτωση της διεπαφής, αναλύονται και υπογραμμίζονται στα επόμενα κεφάλαια του πειραματικού μέρους της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Όλα αυτά τα χαρακτηριστικά μαζί, οι δυνατότητες που προσφέρονται στον χρήστη, σε συνδυασμό με τις επεξηγήσεις που προσφέρονται, τις αναλύσεις και τα σχόλια που συνοδεύουν τις κινήσεις, προσφέρουν τη δυνατότητα στον καθηγητή και στον δάσκαλο, να μπορέσουν, ανεξαρτήτως γνωστικού πεδίου και εξοικείωσης με τα τεχνολογικά επιτεύγματα, να μπορέσει να έχει στη διάθεσή του ένα σοβαρό βοήθημα, που θα συμβάλει στην ορθή λήψη αποφάσεων. Με το τρέχον έργο, ο εκπαιδευτικός φορέας, επικαλούμενος και τις βιωματικές και ακαδημαϊκές γνώσεις, εμπειρίες που έχει αποκτήσει στο διάβα του χρόνου και της πορείας του, δύναται να χρησιμοποιήσει τις δυνατότητες που η υλοποίηση προσφέρει και να τις προσαρμόσει στις ανάγκες της τάξης, τις τοπικής κοινωνίας, του πολιτισμού.

## Κεφάλαιο 4

# Αρχιτεκτονική συστήματος και διαγράμματα των θεμελιωδών στοιχείων του

---

Στο παρόν κεφάλαιο, αναλύεται η αρχιτεκτονική, που περιγράφει το σύνολο του συστήματος, αλλά και επί μέρους στοιχείων του συστήματος. Ενώ επίσης, παρατίθενται και σχεδιαγράμματα, που περιγράφουν τη δομή και λειτουργία του συστήματος και των επιμέρους στοιχείων αυτού.

### 4.1 Ευρύτερα στοιχεία αρχιτεκτονικής συστήματος

Ευρύτερα, το σύστημα χαρακτηρίζεται από δύο μεγάλα δομικά στοιχεία αρχιτεκτονικής. Από τη μία μεριά, υπάρχει η αρχιτεκτονική αλγορίθμου σε Python3, η οποία είναι γραμμένη σε γλώσσα προγραμματισμού Python3 και χρησιμοποιεί επιμέρους αλγορίθμους, όπως είναι οι αλγόριθμοι Girvan-Newman και Modularity Maximization, και Μηχανική Μάθηση για την πρόβλεψη των μελλοντικών πιθανών σχέσεων που θα υπάρξουν μεταξύ των μαθητών, για κάθε είδος κοινωνικής και συναισθηματικής μεταξύ τους συμπεριφοράς.

Από την άλλη μεριά, υπάρχει και η αρχιτεκτονική διεπαφής, η οποία επί μέρους δομείται από ένα αρχείο .html, πάνω στο οποίο δομείται σχεδιαστικά, δομικά και λειτουργικά η διεπαφή χρήστη - προγράμματος, καθώς και ένα αρχείο .js. Στο αρχείο .js, εκτελούνται επί μέρους λειτουργίες, όπως είναι ο υπολογισμός μετρικών ομοιότητας, κεντρικότητες, συναρτήσεις διαχείρισης φαινομένων αντίδρασης (trigger) σε κινήσεις του χρήστη, όπως είναι το πάτημα κουμπιών, επιλογή από ένα Dropdown Menu, κίνηση «hover» σε μαθητή-κορυφή καθώς και διπλό κλικ για την λήψη περισσότερων λεπτομερειών ενός μαθητή.

Επισημαίνεται πως η βάση, πάνω στην οποία στηρίχθηκαν οι βιβλιοθήκες, οι πολύ βασικές θεμελιώδεις συναρτήσεις και λίγες δυνατότητες πάνω σε λειτουργίες τεχνολογίας D3.js των δύο κωδικών, εντοπίζονται στον υπερσύνδεσμο από το διαδικτυακό εργαλείο Github, που αποτελεί ο συνοδευόμενος υπερσύνδεσμος <sup>1</sup> και πατώντας πάνω σε αυτόν, πραγματοποιήθηκε έρευνα, περισσότερη εξειδίκευση και προσθήκη περισσότερων λειτουργιών. Μεταξύ άλλων, προστέθηκε στη διεπαφή δυνατότητα μετάφρασης σε 16 γλώσσες, δυνατότητα εισαγωγής αρχείων, προς χάριν γενίκευσης, πίνακα σύγκρισης μετρικών ομοιότητας, χρωματικοποίηση των ακμών, ενώ πολλές περισσότερες, αναλύθηκαν στο Κεφάλαιο 3.

---

<sup>1</sup><https://gitlab.com/isaacmg/d3-graph-visualization>

Με μεγάλη ευκρίνεια, και οπτικά, η αρχιτεκτονική συμπυκνώνεται στο συνοδευόμενο σχήμα 4.1, που αποτυπώνει σε διάγραμμα ροής (flow-chart), τη σειρά των βημάτων που ακολουθεί ο υποψήφιος χρήστης, ο δάσκαλος ή ο καθηγητής στην προκειμένη περίπτωση, προκειμένου να μπορεί να πραγματοποιήσει με δόμηση και οργάνωση, την δική του έρευνα. Το σχήμα 4.1, αναπτύχθηκε με τη βοήθεια του δωρεάν διαδικτυακή πλατφόρμα σχεσιασμού Smartdraw<sup>2</sup> και συμβάλει στην οπτικοποίηση της αρχιτεκτονικής του συστήματος συνολικά.

Όπως γίνεται αντιληπτό από την εικόνα και την αρχιτεκτονική του συστήματος, ανάλογα την έρευνα, σύγκριση και ανάλυση που επιδιώκει να κάνει ο καθηγητής ή ο δάσκαλος, μπορεί είτε να κατευθυνθεί με τις κινήσεις του στον κώδικα της Python3 και ύστερα να χρησιμοποιήσει την διεπαφή για να αναλύσει τουλάχιστον έναν μελλοντικό κοινωνικό και συναισθηματικό γράφο, είτε να χρησιμοποιήσει απευθείας την διεπαφή και να αναλύσει έπει περαιτέρω υπάρχοντα και δεδομένα, αρχικά κοινωνικά δίκτυα τάξεων.

Σε κάθε περίπτωση, είναι απαραίτητο να αναλυθεί διεξοδικά και με μεγαλύτερη λεπτομέρεια, τόσο η αρχιτεκτονικής αλγορίθμου σε Python3, όσο και η αρχιτεκτονική διεπαφής τύπου Web, σε Frontend γλώσσα HTML. Αφιερώνονται δύο τουλάχιστον ενότητες, στις δύο αυτές αναλύσεις των αρχιτεκτονικών, όπως πολύ εύστοχα αποτυπώνονται και στην αρχική φωτογραφία της αρχιτεκτονικής του συνολικού δικτύου.

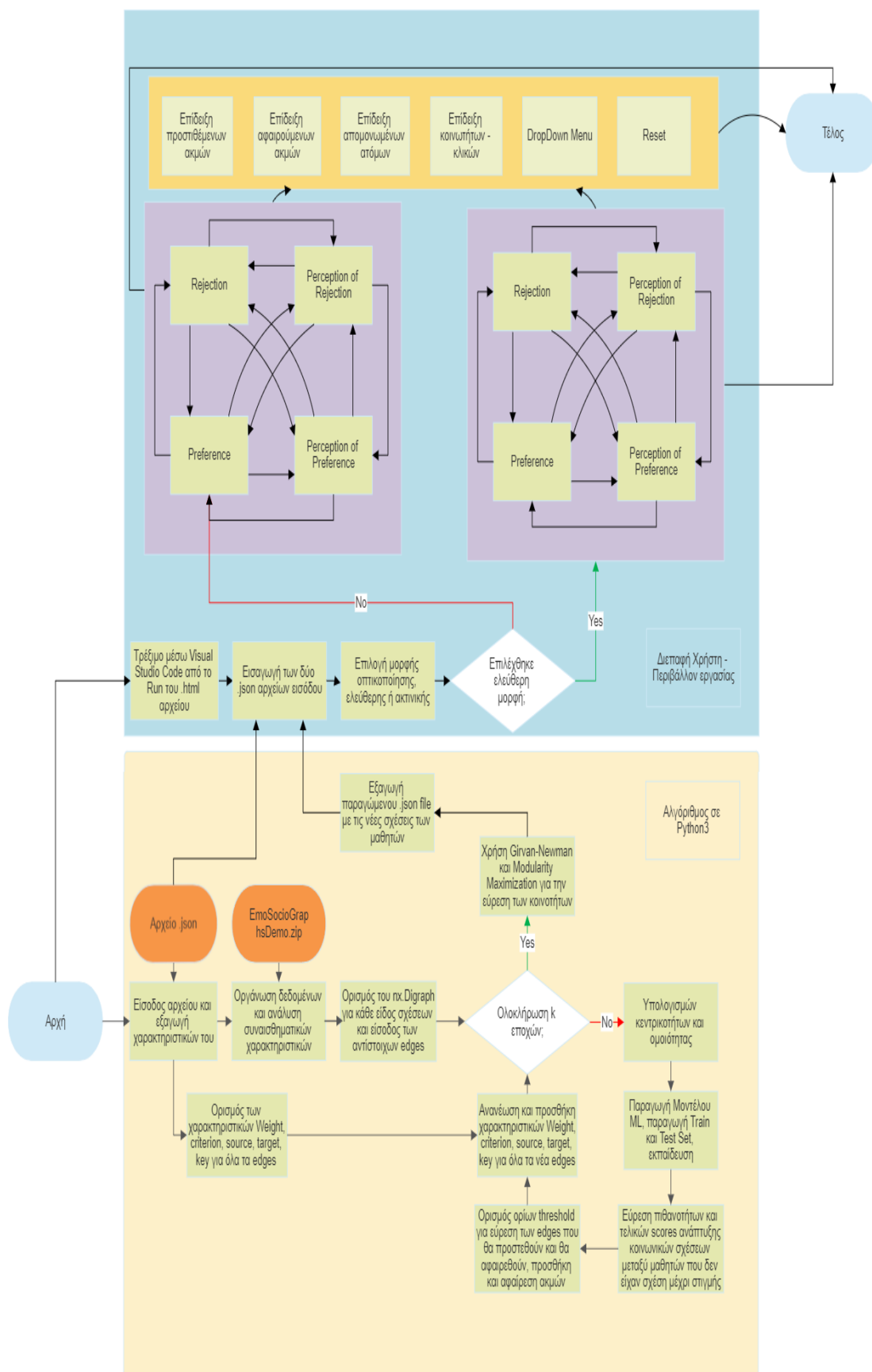
## 4.2 Περιγραφή του αλγορίθμου

Επειδή, όμως το κλίμα συνεργασίας, ισορροπίας και ομόνοιας μεταξύ των μαθητών, απόρροια των κοινωνικών και συναισθηματικών αλληλεπιδράσεων τους, δεν είναι δεδομένα, αλλά συνιστούν αποτέλεσμα ενεργειών και πρωτοβουλιών του εκπαιδευτικού στην τάξη, είναι πολύ χρήσιμο για τον εκπαιδευτικό φορέα να έχει την αίσθηση της σιγουριάς και της υποστήριξης από την τεχνολογία. Και με δεδομένο πως για τον υποστηρικτικό αυτό ρόλο, χρειάζεται η έρευνα να βασιστεί σε ανάλυση και πρόβλεψη πάνω σε μη ντετερμινιστική διαδικασία ανάπτυξης κοινωνικών και συναισθηματικών σχέσεων, όπως συμβαίνει και στην πραγματικότητα, χρειάζεται αυτή να πραγματοποιηθεί με σύνεση, προσοχή, οργάνωση και δόμηση. Η ανάλυση και πρόβλεψη των κοινωνικών και συναισθηματικών σχέσεων των μαθητών, στη παρούσα υλοποίηση, πραγματοποιείται με αξιοποίηση προγραμματιστικών εργαλείων. Οι γλώσσες προγραμματισμού που χρησιμοποιούνται, αποτελούν η Python3 στο κομμάτι της προσομοίωσης και μοντελοποίησης, η γλώσσα προγραμματισμού D3.js για το κομμάτι της οπτικοποίησης των παραγόμενων αποτελεσμάτων, ενώ επίσης γίνεται χρήση προσεγγίσεων και τεχνικών, που αξιοποιούν τη Μηχανική Μάθηση και που αναλύονται στις επόμενες παραγράφους.

Επισημαίνεται ότι ο τρόπος και η πορεία με την οποία αναπτύσσονται κοινωνικές και συναισθηματικές σχέσεις, δεν χαρακτηρίζεται από κανόνες και περιορισμούς, από νόρμες, αλλά εμπεριέχονται και στοιχεία τυχαιότητας και μη ντετερμινιστικές εξελίξεις κατά χρονικές στιγμές. Συνεπώς και η παρούσα υλοποίηση αλγορίθμου, έρχεται να γεφυρώσει τόσο τα κοινωνιομετρικά χαρακτηριστικά των μαθητών μιας τάξης, της υπάρχουσας αρχικής κατάστα-

---

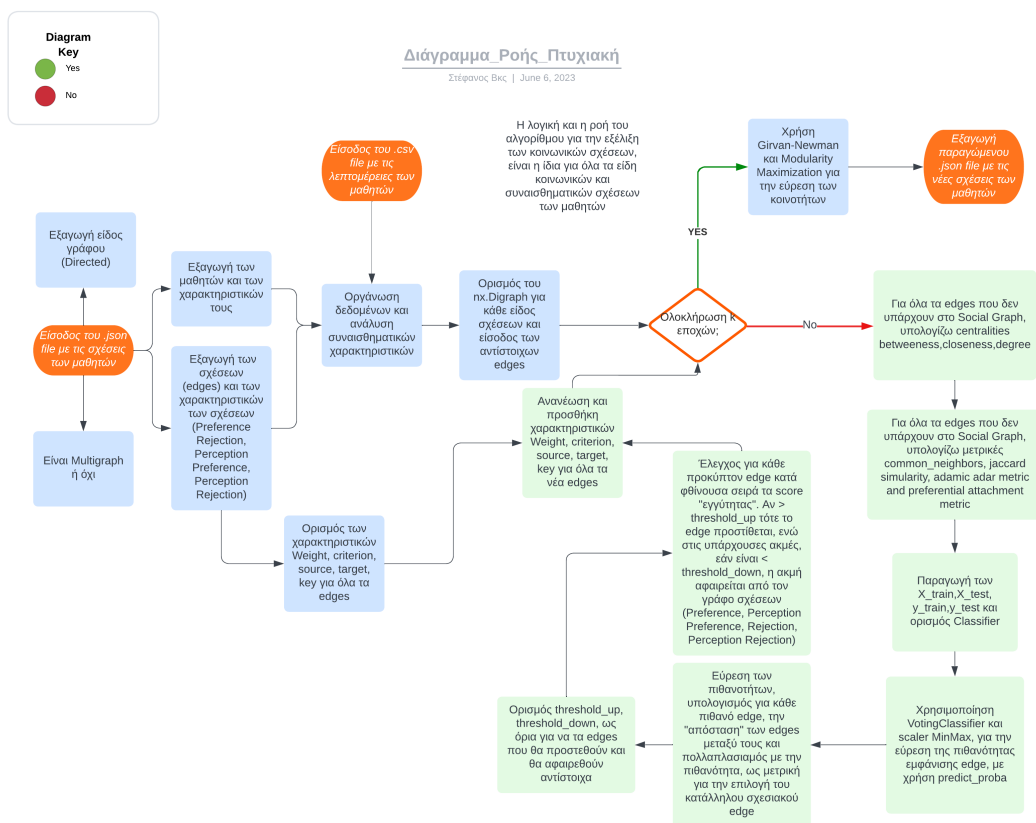
<sup>2</sup>(<https://cloud.smartdraw.com/>)



Σχήμα 4.1: Αρχιτεκτονική του συστήματος συνοδικά  
Διπλωματική Εργασία

σης, όπως αποτυπώνεται κατά το εισαγόμενο .json αρχείο, όσο και τα ψυχοσυναισθηματικά χαρακτηριστικά των μαθητών, με τα χαρακτηριστικά αυτών. Η υλοποίηση, στηρίχθηκε σε παρατηρήσεις, που δομούν κατά ικανοποιητικό βαθμό, όπως συμβαίνει και στην πραγματική ζωή, τις κοινωνικές και συναισθηματικές αλληλεπιδράσεις, που λαμβάνουν χώρα τόσο στην πρωτοβάθμια όσο και στην δευτεροβάθμια εκπαίδευση, καθώς και γενικότερα στο σύνολο της εκάστοτε κοινωνίας.

Η λογική της υλοποίησης και του αλγορίθμου που σχεδιάστηκε, συνοψίζεται με την αποτύπωση του διαγράμματος, που βρίσκεται στην παρακάτω εικόνα, και είναι η:



Σχήμα 4.2: Μία φωτογραφία διαγράμματος ροής (flow-chart) της λογικής του αλγορίθμου που χρησιμοποιώ, για την πρόβλεψη των κοινωνικών και συναισθηματικών σχέσεων των μαθητών

Σκοπός του διαγράμματος ροής (flow-chart), αποτελεί η περιληπτική παράθεση και οπτικοποίηση των βημάτων του αλγορίθμου της προσέγγισης, για αποδοτικότερη κατανόηση της λογικής, πάνω στην οποία εδράζεται ο αλγόριθμος. Αξιοποιήθηκε το πρόγραμμα προσομοίωσης lucid.app για την παραγωγή του διαγράμματος ροής και είναι δωρεάν στο Διαδίκτυο.

Πιο αναλυτικά, το διάγραμμα ροής χαρακτηρίζεται από διαδοχικά βήματα, που είναι απαραίτητο να ακολουθηθούν με τη σειρά, προκειμένου να προκύψει το επιθυμητό παραγόμενο αποτέλεσμα. Στην αρχή, στο πρώτο, τέρμα αριστερό πορτοκαλί οβάλ, επισημαίνεται η εισαγωγή στον αλγόριθμο του αρχικού κοινωνικού γράφου ως .json αρχείο, που αποτελεί αρχικό δεδομένο. Από αυτό, γίνεται εξαγωγή των χαρακτηριστικών και δεδομένων του αρχείου: Κατευθυνόμενος ή μη γράφος, Multigraph ή μη γράφος, το σύνολο των κορυφών (nodes) του κοινωνικού γράφου καθώς και το σύνολο των ακμών (edges) του κοινωνικού

γράφου. Έχοντας εξάγει τα χαρακτηριστικά αυτά, στη συνέχεια, από ένα άλλο πορτοκαλί οβάλ, εκκινεί μία επιπλέον ροή, η οποία επισημαίνει την είσοδο του .csv αρχείου με τα κοινωνικά και συναισθηματικά χαρακτηριστικά των μαθητών στον αλγόριθμο. Ο συνδυασμός των δεδομένων από το .csv αρχείο μαζί με το σύνολο των ακμών και των κορυφών, που πλέον είναι δεδομένα από το .json αρχείο και έχουν εξαχθεί, οδηγεί στην δυνατότητα για καλύτερη οργάνωση των δεδομένων και ανάλυση των κοινωνικών και συναισθηματικών δεδομένων των μαθητών του δεδομένου κοινωνικού γράφου.

Από τη στιγμή που πλέον όλα τα δεδομένα είναι έτοιμα προς διεργασία, προχωράμε στον ορισμό του κατευθυνόμενου ή μη γράφου. Υπογραμμίζω πως η υλοποίηση του αλγορίθμου, πραγματοποιήθηκε σε γλώσσα προγραμματισμού Python3 και στο διαδικτυακό εργαλείο ανάπτυξης κώδικα σε Notebook «Google Colab». Βασικό πακέτο της Python3 που χρησιμοποιήθηκε για τον ορισμό των κοινωνικών γράφων, αποτελεί το πακέτο «networkx» που σε κάθε περίπτωση έγινε import αυτού. Επίσης, στα .json αρχεία, όλοι οι κοινωνικοί γράφοι είναι κατευθυνόμενοι, συνεπώς και ο γράφος που ορίστηκε, σε κάθε περίπτωση είδους κοινωνικών και συναισθηματικών σχέσεων μεταξύ των μαθητών (Preference, Perception Preference, Rejection, Perception Rejection), αποτελεί ο nx.DiGraph, όπως γράφεται και στο διάγραμμα ροής.

Κατόπιν, το διάγραμμα ροής, έχοντας ορίσει και τα χαρακτηριστικά που θα χρειαστούν για τον ορισμό του κοινωνικού γράφου στο τέλος, δηλαδή τα  $\langle\langle weight \rangle\rangle$ ,  $\langle\langle criterion \rangle\rangle$ ,  $\langle\langle source \rangle\rangle$ ,  $\langle\langle target \rangle\rangle$  και  $\langle\langle key \rangle\rangle$ , κατευθύνεται προς τον βασικό βρόγχο της υλοποίησης, μέσα στον οποίο θα πραγματοποιηθούν όλες οι αλλαγές σχετικά με τις ακμές των κοινωνικών γράφων. Κριτήριο επιλογής για διαμονή εντός του βρόγχου ή απόδραση από αυτόν, αποτελεί το εάν έχουν ολοκληρωθεί  $k$  εποχές, δηλαδή  $k$  επαναλήψεις του βρόγχου. Ξεκινάμε με  $k = 0$  στην αρχή, αφού όταν φτάνουμε πρώτη φορά στο σημείο ελέγχου διαμονής ή απόδρασης από τον βρόγχο, δεν έχει γίνει κάποια επανάληψη βρόγχου μέχρι στιγμής. Στον Python3 κώδικα, η υλοποίηση έγινε με παραδοχή για  $k = 5$ , ωστόσο, ανάλογα με τις ανάγκες του εκπαιδευτικού, τη συχνότητα παράθεσης ερωτηματολογίων στους μαθητές και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά που κρίνεται απαραίτητο κάθε φορά να αξιολογηθούν και να αναλύσει ο υπεύθυνος καθηγητής, η παράμετρος  $k$  μπορεί να διαφοροποιηθεί από περίπτωση σε περίπτωση. Σε κάθε περίπτωση, σε κάθε βρόγχο, στην αρχή, για όλα τα edges που δεν υπάρχουν στον κοινωνικό γράφο, υπολογίζονται οι κεντρικότητες betweenness, closeness, degree. Έπειτα, όπως φαίνεται στο διάγραμμα ροής, υπολογίζονται οι μετρικές Common neighbors, Jaccard similarity, Adamic Adar metric και το Preferential Attachment metric. Έπειτα, εμπλέκεται και ο τομέας της Μηχανικής Μάθησης, που σηματοδοτείται με την παραγωγή των μεγεθών  $X_{train}$ ,  $X_{test}$ ,  $y_{train}$ ,  $y_{test}$  και τον ορισμό ταξινομητή (classifier). Ο ταξινομητής που χρησιμοποιείται, αποτελεί ο VotingClassifier. Γίνεται, πιο συγκεκριμένα, χρήση του VotingClassifier που ουσιαστικά λειτουργεί ως εξής: Επιλέγονται ως επιμέρους ταξινομητές οι RandomForestClassifier, SVM με γραμμικό πυρήνα και LogisticRegression, που ο καθένας από αυτούς πραγματοποιεί την ταξινόμησή του και μέσα από μία διαδικασία ψηφοφορίας, ο VotingClassifier επιλέγει την ταξινόμηση που πραγματοποιεί η πλειοψηφία των επιμέρους ταξινομητών. Για αυτό το λόγο και προς αποφυγή σύγχυσης σε περίπτωση ισοψηφίας, επιλέχθηκε περιττός αριθμός επιμέρους ταξινομητών. Επίσης, γίνεται χρήση μεταξύ άλλων και Scaler MinMax για να μετατραπούν αριθμητικά χαρακτηριστικά ή με-

ταβλητές σε ένα συγκεκριμένο εύρος, συνήθως μεταξύ 0 και 1, καθώς και για να γίνει βελτιστοποίηση των τελικών αποδόσεων, ενώ για την εύρεση της πιθανότητας εμφάνισης ενός edge, γίνεται χρήση της συνάρτησης `predict_proba`, η οποία υπάρχει στο πακέτο της Python3 «`sklearn.ensemble`». Στη συνέχεια, βρίσκονται όλες οι πιθανότητες διασύνδεσης για όλες τις ακμές και έτσι, γίνεται ο υπολογισμός για κάθε πιθανό edge, της «απόστασης» των κορυφών (nodes) μεταξύ τους και πολλαπλασιασμός της με την πιθανότητα, ως μετρική για την επιλογή της κατάλληλης σχεσιακής ακμής (edge). Εκτός από τα edges που είναι πιθανό να προστεθούν, υπάρχουν και edges που είναι πιθανό να αφαιρεθούν, σηματοδοτώντας το πέρας μίας συναισθηματικής σχέσης μεταξύ δύο μαθητών. Οπότε και για αυτόν το λόγο, γίνεται ορισμός `threshold up`, `threshold down`, ως πληθικά όρια για τα edges που θα προστεθούν και θα αφαιρεθούν αντίστοιχα. Έτσι, με αυτόν τον τρόπο, γίνεται έλεγχος για κάθε προκύπτον edge κατά φθίνουσα σειρά στα score «εγγύτητας». Αν το score του ελεγχόμενου edge είναι τέτοιο που βρίσκεται στο `threshold up` τότε το edge προστίθεται, ενώ στις υπάρχουσες ακμές, εάν το score που λαμβάνει είναι τέτοιο που βρίσκεται μέσα στο `threshold down`, η ακμή αφαιρείται από τον γράφο σχέσεων (Preference, Perception Preference, Rejection, Perception Rejection). Έχοντας πραγματοποιήσει τον έλεγχο για το σύνολο των εξεταζόμενων ακμών, τότε γίνεται ανανέωση και προσθήκη χαρακτηριστικών `weight`, `criterion`, `source`, `target`, `key` για όλα τα νέα edges. Και έτσι, σηματοδοτείται το τέρμα της εποχής και του βρόγχου, μπαίνοντας ξανά στον έλεγχο της ερώτησης για το εάν έχουν πραγματοποιηθεί οι  $k$  εποχές, όπως υποδεικνύεται και στο διάγραμμα ροής.

Τέλος, και με δεδομένο πως έχει πραγματοποιηθεί το πέρας των  $k$  επαναλήψεων, αφότου έχουν γίνει οι απαραίτητες προσθήκες και αφαιρέσεις κόμβων, το διάγραμμα ροής, κατά την απόδρασή του από τον βρόγχο, οδηγείται στον ορισμό των κοινοτήτων, για κάθε περίπτωση τύπου κοινωνικού γράφου (Preference, Perception of Preference, Rejection, Perception of Rejection) με χρήση των αλγορίθμων Girvan-Newman και Modularity Maximization, και επιλέγοντας από αυτούς τους δύο, εκείνον με την καλύτερη τελική επίδοση. Ύστερα, έχοντας βρει και τις οριζόμενες κοινότητες για όλους τους τύπους των κοινωνικών γράφων, το διάγραμμα ροής καταλήγει στο τέρμα. Στο τερματικό πορτοκαλί οβάλ, πλέον παράγεται το τελικό `.json` αρχείο, με τα ανανεωμένα χαρακτηριστικά κοινωνικών και συναισθηματικών σχέσεων των μαθητών και που σηματοδοτεί και το πέρας του αλγορίθμου.

Η παρούσα προσέγγιση, ικανοποιεί και τα 4 είδη κοινωνικών και συναισθηματικών σχέσεων μεταξύ των μαθητών, δηλαδή τις περιπτώσεις προτίμησης (Preference), εκτιμώμενης προτίμησης (Perception Preference), απόρριψης (Rejection) και εκτιμώμενης απόρριψης (Perception Rejection), με τη διαφορά στις υλοποιήσεις αυτές, να έγκειται στον ορισμό της απόστασης, που εμφανίζουν 2 μαθητές κάθε φορά μεταξύ τους, ως προς τα συναισθηματικά και κοινωνικά χαρακτηριστικά τους.

Η προσέγγιση περιγράφεται αναλυτικά από τα παρακάτω διαδοχικά βήματα, όπως αυτά αναπτύχθηκαν σε προγραμματιστικό επίπεδο κατά την υλοποίηση του Notebook αρχείου, γραμμένου σε Python3 γλώσσα. Και συμβάλλει τόσο στην αξιολόγηση, όσο και στην εκτίμηση του μέλλοντος του γραφήματος προτίμησης. Με την ίδια λογική, αναπτύσσονται και περιγράφονται και τα υπόλοιπα τρία είδη κοινωνικών γράφων, τα «έκτιμησης προτίμησης», «απόρριψης» και «έκτιμησης απόρριψης». Και συνιστούν τα εξής κάτωθι:



- Στον κώδικα, ο οποίος υλοποιήθηκε με χρήση του εργαλείου «Google Colab», της εταιρείας «Google», θέτω ως στοιχείο εισόδου (input), το εκάστοτε .json αρχείο. Το κάθε αρχείο, περιγράφει αναλυτικά το είδος του γράφου (Directed : 'true' or Directed : 'false'), αν είναι Multigraph ή όχι (Multigraph : 'true' or Multigraph: 'false'), αναλυτικά τα nodes του γράφου, εμπεριέχοντας πιο αναλυτικά για κάθε νοδo, τα δεδομένα «node id», «age», «sex» (τιμή «M» ή «F») και «id» καθώς και τα edges του γράφου, εμπεριέχοντας πιο αναλυτικά για κάθε edge, τα δεδομένα «weight», «criterion» (τιμή «social» ή «work»), «source», «target» και «key» (τιμή «preference», «perception preference», «rejection», «perception rejection», «wpreference», «wperception preference», «wrejection», «wperception rejection»). Η δομή των .json αρχείων και των κοινωνικών γράφων είναι η ίδια και παραθέτω ενδεικτικό παράδειγμα του περιεχομένου του .json αρχείου, με την παράθεση της εικόνας 4.1, που είναι η ακριβώς κάτωθι.

```

1 [{"directed": true, "multigraph": true, "graph": {}, "nodes": [{"node_id": "A", "age": "58", "sex": "F", "id": "110"}, {"node_id": "J", "age": "38", "sex": "F", "id": "111"}, {"node_id": "G", "age": "35", "sex": "F", "id": "112"}, {"node_id": "C", "age": "49", "sex": "F", "id": "113"}, {"node_id": "R", "age": "54", "sex": "F", "id": "114"}, {"node_id": "J 1", "age": "55", "sex": "M", "id": "115"}, {"node_id": "I", "age": "54", "sex": "F", "id": "116"}, {"node_id": "R 1", "age": "26", "sex": "F", "id": "117"}, {"node_id": "R 2", "age": "40", "sex": "M", "id": "118"}, {"node_id": "P", "age": "59", "sex": "F", "id": "119"}, {"node_id": "M", "age": "51", "sex": "F", "id": "120"}, {"node_id": "M 1", "age": "59", "sex": "F", "id": "121"}, {"node_id": "P 1", "age": "24", "sex": "F", "id": "122"}, {"node_id": "R 3", "age": "45", "sex": "F", "id": "123"}, {"node_id": "O", "age": "45", "sex": "F", "id": "124"}, {"node_id": "N", "age": "41", "sex": "F", "id": "125"}, {"node_id": "O 1", "age": "61", "sex": "F", "id": "126"}, {"node_id": "A 1", "age": "40", "sex": "F", "id": "127"}], "links": [{"weight": 6, "criterion": "social", "source": "110", "target": "124", "key": "preference"}, {"weight": 4, "criterion": "social", "source": "110", "target": "124", "key": "perception_preference"}, {"weight": 5, "criterion": "work", "source": "110", "target": "124", "key": "wpreference"}, {"weight": 5, "criterion": "social", "source": "110", "target": "114", "key": "preference"}, {"weight": 5, "criterion": "social", "source": "110", "target": "114", "key": "wpreference"}, {"weight": 6, "criterion": "social", "source": "110", "target": "114", "key": "perception_preference"}, {"weight": 6, "criterion": "work", "source": "110", "target": "114", "key": "wperception_preference"}, {"weight": 6, "criterion": "work", "source": "110", "target": "114", "key": "wperception_preference"}, {"weight": 4, "criterion": "social", "source": "110", "target": "119", "key": "preference"}, {"weight": 2, "criterion": "social", "source": "110", "target": "119", "key": "perception_preference"}, {"weight": 3, "criterion": "social", "source": "110", "target": "125", "key": "preference"}, {"weight": 3, "criterion": "social", "source": "110", "target": "125", "key": "wpreference"}, {"weight": 6, "criterion": "social", "source": "110", "target": "125", "key": "perception_preference"}, {"weight": 6, "criterion": "social", "source": "110", "target": "112", "key": "preference"}, {"weight": 4, "criterion": "work", "source": "110", "target": "112", "key": "wperception_preference"}, {"weight": 6, "criterion": "social", "source": "110", "target": "120", "key": "rejection"}, {"weight": 6, "criterion": "social", "source": "110", "target": "120", "key": "perception_rejection"}, {"weight": 6, "criterion": "work", "source": "110", "target": "120", "key": "wrejection"}, {"weight": 5, "criterion": "work", "source": "110", "target": "121", "key": "wperception_preference"}, {"weight": 6, "criterion": "social", "source": "111", "target": "112", "key": "preference"}, {"weight": 6, "criterion": "social", "source": "111", "target": "112", "key": "wpreference"}, {"weight": 1, "criterion": "work", "source": "111", "target": "112", "key": "wperception_preference"}, {"weight": 6, "criterion": "work", "source": "111", "target": "112", "key": "wperception_preference"}, {"weight": 5, "criterion": "social", "source": "111", "target": "118", "key": "preference"}, {"weight": 5, "criterion": "social", "source": "111", "target": "118", "key": "wpreference"}, {"weight": 2, "criterion": "work", "source": "111", "target": "118", "key": "wperception_preference"}, {"weight": 4, "criterion": "work", "source": "111", "target": "125", "key": "preference"}, {"weight": 4, "criterion": "social", "source": "111", "target": "125", "key": "wperception_preference"}, {"weight": 5, "criterion": "work", "source": "111", "target": "125", "key": "wperception_preference"}, {"weight": 3, "criterion": "work", "source": "111", "target": "125", "key": "wperception_preference"}, {"weight": 3, "criterion": "social", "source": "111", "target": "124", "key": "preference"}, {"weight": 3, "criterion": "work", "source": "111", "target": "124", "key": "wperception_preference"}, {"weight": 6, "criterion": "social", "source": "111", "target": "116", "key": "rejection"}, {"weight": 6, "criterion": "work", "source": "111", "target": "116", "key": "wrejection"}, {"weight": 6, "criterion": "social", "source": "111", "target": "121", "key": "perception_rejection"}, {"weight": 5, "criterion": "social", "source": "111", "target": "123", "key": "perception_rejection"}, {"weight": 6, "criterion": "work", "source": "111", "target": "114", "key": "wpreference"}, {"weight": 5, "criterion": "work", "source": "111", "target": "114", "key": "wperception_preference"}, {"weight": 4, "criterion": "work", "source": "111", "target": "127", "key": "wpreference"}, {"weight": 6, "criterion": "work", "source": "111", "target": "110", "key": "wperception_rejection"}, {"weight": 5, "criterion": "work", "source": "111", "target": "120", "key": "wperception_rejection"}, {"weight": 6, "criterion": "social", "source": "112", "target": "113", "key": "preference"}, {"weight": 5, "criterion": "social", "source": "112", "target": "113", "key": "wpreference"}, {"weight": 5, "criterion": "social", "source": "112", "target": "113", "key": "wperception_preference"}, {"weight": 1, "criterion": "work", "source": "112", "target": "126", "key": "wpreference"}, {"weight": 6, "criterion": "social", "source": "112", "target": "112", "key": "preference"}, {"weight": 6, "criterion": "social", "source": "113", "target": "112", "key": "perception_preference"}, {"weight": 6, "criterion": "work", "source": "113", "target": "112", "key": "wpreference"}, {"weight": 6, "criterion": "social", "source": "113", "target": "115", "key": "preference"}, {"weight": 5, "criterion": "social", "source": "113", "target": "115", "key": "wpreference"}, {"weight": 5, "criterion": "social", "source": "113", "target": "115", "key": "wperception_preference"}, {"weight": 4, "criterion": "social", "source": "113", "target": "119", "key": "preference"}, {"weight": 1, "criterion": "social", "source": "113", "target": "119", "key": "wpreference"}, {"weight": 4, "criterion": "work", "source": "113", "target": "119", "key": "wperception_preference"}, {"weight": 4, "criterion": "work", "source": "113", "target": "119", "key": "wperception_preference"}, {"weight": 4, "criterion": "social", "source": "113", "target": "121", "key": "preference"}, {"weight": 4, "criterion": "social", "source": "113", "target": "121", "key": "wpreference"}, {"weight": 3, "criterion": "work", "source": "113", "target": "121", "key": "wperception_preference"}, {"weight": 3, "criterion": "work", "source": "113", "target": "121", "key": "wperception_preference"}, {"weight": 2, "criterion": "social", "source": "113", "target": "124", "key": "preference"}, {"weight": 2, "criterion": "social", "source": "113", "target": "124", "key": "wpreference"}]}

```

Εικόνα 4.1: Μία φωτογραφία αρχείου .json που αναλύονται τα στοιχεία του κοινωνικού γράφου, αναλυτικά για το είδος του γράφου, τις ακμές και τις κορυφές.

- Τα παραπάνω δεδομένα, τα συγκεντρώνουμε σε λίστες και μεταβλητές, για να τα οργανώσουμε. Και κάθε ακμή, ανάλογα με το «key» που διαθέτει, την αποθηκεύουμε στην

εκάστοτε λίστα ακμών. Ορίζονται τέσσερις λίστες, που αποτελούν οι edges preference, edges perception preference, edges rejection, edges perception rejection, στις οποίες προστίθενται οι ακμές με την εξής διαδικασία, όπως απεικονίζεται στον αλγόριθμο 4.1, που ουσιαστικά αποτελεί μία λούπα επανάληψης, με στόχο την οργάνωση των δεδομένων. Το ίδιο γίνεται και για τις μεταβλητές, που είναι ευρύτερες και περιέχουν λίστες με αρχική κορυφή, τελική κορυφή και χρώμα ακμής, περιγράφοντας κάθε ακμή ξεχωριστά. Και αποτελούν οι μεταβλητές color preference, color perception preference, color rejection, color perception rejection.

#### ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ 4.1: Οργάνωση των ακμών των κοινωνικών γράφων της επιλεγμένης τάξης

```

for i in range(len(source)):
    if color_edge[i] != "red":
        if key[i] == "preference":
            if type(source[i]) == int:
                edges_preference.append((source[i],target[i]))
                color_preference.append([source[i],target[i],'grey'])
            elif source[i][:].find("") != -1:
                edges_preference.append((int(source[i][1:len(source[i])-1]), int(target[i][1:len(target[i])-1])))
                color_preference.append([(int(source[i][1:len(source[i])-1]), int(target[i][1:len(target[i])-1])), 'grey'])
            else:
                edges_preference.append((int(source[i]), int(target[i])))
                color_preference.append([int(source[i]), int(target[i]), 'grey'])
        elif key[i] == "perception_preference":
            if type(source[i]) == int:
                edges_perception_preference.append((source[i],target[i]))
                color_perception_preference.append([source[i],target[i],'grey'])
            elif source[i][:].find("") != -1:
                edges_perception_preference.append((int(source[i][1:len(source[i])-1]), int(target[i][1:len(target[i])-1])))
                color_perception_preference.append([(int(source[i][1:len(source[i])-1]), int(target[i][1:len(target[i])-1])), 'grey'])
            else:
                edges_perception_preference.append((int(source[i]), int(target[i])))
                color_perception_preference.append([int(source[i]), int(target[i]), 'grey'])
        elif key[i] == "rejection":
            if type(source[i]) == int:
                edges_rejection.append((source[i],target[i]))
                color_rejection.append([source[i],target[i],'grey'])
            elif source[i][:].find("") != -1:
                edges_rejection.append((int(source[i][1:len(source[i])-1]), int(target[i][1:len(target[i])-1])))
                color_rejection.append([(int(source[i][1:len(source[i])-1]), int(target[i][1:len(target[i])-1])), 'grey'])
            else:
                edges_rejection.append((int(source[i]), int(target[i])))
                color_rejection.append([int(source[i]), int(target[i]), 'grey'])
        elif key[i] == "perception_rejection":
            if type(source[i]) == int:
                edges_perception_rejection.append((source[i],target[i]))
                color_perception_rejection.append([source[i],target[i],'grey'])
            elif source[i][:].find("") != -1:
                edges_perception_rejection.append((int(source[i][1:len(source[i])-1]), int(target[i][1:len(target[i])-1])))
                color_perception_rejection.append([(int(source[i][1:len(source[i])-1]), int(target[i][1:len(target[i])-1])), 'grey'])
            else:
                edges_perception_rejection.append((int(source[i]), int(target[i])))
                color_perception_rejection.append([int(source[i]), int(target[i]), 'grey'])
        else:
            color_rest.append('black')

```

- Ως input, εισέρχεται το .csv αρχείο, που εμπεριέχει τα συναισθηματικά και κοινωνικά χαρακτηριστικά των μαθητών. Οργανώνουμε και συγκρατούμε τους μαθητές με id, τέτοιο που να βρίσκεται εντός του .json αρχείου. Επιπλέον, εκτός κώδικα, αναλύονται τα κοινωνικά και συναισθηματικά χαρακτηριστικά των μαθητών, καθώς είναι σημαντική και ισοδύναμη η βαρύτητα από την οποία διακρίνεται το κάθε χαρακτηριστικό στοι-

χείο συμπεριφοράς. Τα κοινωνικά και συναισθηματικά χαρακτηριστικά συνεισφέρουν στο να οριστεί η “κοινωνική και συναισθηματική απόσταση” που έχει ένας μαθητής από έναν άλλον συμμαθητή του και θα χρησιμοποιηθούν για να διαμορφωθούν τόσο οι νέες σχέσεις που θα δημιουργηθούν, όσο και αυτές που θα σταματήσουν να υπάρχουν, σε κάθε εποχή του αλγορίθμου.

- Για κάθε είδος κοινωνικών και συναισθηματικών σχέσεων των μαθητών, ορίζεται το δικό του nx.DiGraph, και για καθένα από αυτά, με την συνάρτηση `.addedgesfrom`, προσθέτουμε τα αντίστοιχα εδγες. Δηλαδή :
  - Για την περίπτωση του «Preference», στον κατευθυνόμενο γράφο, με `.addedgesfrom` προσθέτουμε τα εδγες της λίστας `edgespreference` και χρωματίζουμε με γκρι χρώμα, καθώς αυτές είναι οι αρχικές κοινωνικές και συναισθηματικές σχέσεις
  - Για την περίπτωση του Perception Preference, στον κατευθυνόμενο γράφο, με `.addedgesfrom` προσθέτουμε τα εδγες της λίστας `edgesperceptionpreference` και χρωματίζουμε με γκρι χρώμα, καθώς αυτές είναι οι αρχικές κοινωνικές και συναισθηματικές σχέσεις
  - Για την περίπτωση του «Rejection», στον κατευθυνόμενο γράφο, με `.addedgesfrom` προσθέτουμε τα `edges` της λίστας `edgesrejection` και χρωματίζουμε με γκρι χρώμα, καθώς αυτές είναι οι αρχικές κοινωνικές και συναισθηματικές σχέσεις
  - Για την περίπτωση του «Perception Rejection», στον κατευθυνόμενο γράφο, με `.add edges from` προσθέτουμε τα `edges` της λίστας `edges perception rejection` και χρωματίζουμε με γκρι χρώμα, καθώς αυτές είναι οι αρχικές κοινωνικές και συναισθηματικές σχέσεις. Αποτυπώνεται η προαναφερθείσα διαδικασία με τον Αλγόριθμο 4.2, την οργάνωση ουσιαστικά, που προέρχεται από το Notebook (.ipynb) αρχείο σε Google Colab, πάνω στο οποίο και αναπτύχθηκε προγραμματιστικά ο αλγόριθμος.
- Εφόσον δεν έχουν περάσει  $k$  εποχές, δηλαδή επαναλήψεις της διαδικασίας ελέγχου και προσθήκης των νέων πιθανών εδγες, που θα προκύψουν στο μέλλον (link prediction), υπολογίζω για όλα τα `edges` που δεν υπάρχουν στον κοινωνικό γράφο, τις κεντρικότητες (centralities) `betweenness`, `closeness`, `degree`. Για τους γράφους με `social criterion`, οι τιμές υπάρχουν επιπλέον και στο αρχείο `MembersEmotionalCompetences.csv`. Οπότε και σε κάθε περίπτωση, γίνεται αξιοποίηση των κοινωνιολογικών παραμέτρων που έχουν οι μαθητές μέχρι στιγμής εντός του αλγορίθμου.
- Έπειτα, για όλα τα `edges` που δεν υπάρχουν στον κοινωνικό γράφο, υπολογίζω τις μετρικές `Common Neighbors`, `Jaccard Similarity`, `Adamic Adar metric` και `Preferential Attachment`. Αυτά τα στοιχεία χρησιμοποιώ και με αυτά γίνεται η παραγωγή των `X train`, `X test`, `y train`, `y test`, που είναι απαραίτητα για την εκπαίδευση του ταξινομητή (Classifier), που ορίζω. Και ο Classifier που χρησιμοποιώ για την εν λόγω υλοποίηση, αποτελεί ο `VotingClassifier`, με επιμέρους τους `RandomForestClassifier`, `SVM` με γραμμικό πυρήνα και `LogisticRegression`, που με διαδικασία “ψηφοφορίας” των επιμέρους ταξινομητών γίνεται η εκπαίδευση του ευρύτερου `VotingClassifier`.

**ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ 4.2:** Ορισμός των κατευθυνόμενων γράφων και προσθήκη των αρχικών *edges*, για κάθε περίπτωση κοινωνικής και συναισθηματικής σχέσης των μαθητών.

```

School_graph_total_preference = nx.DiGraph()
G_preference = nx.DiGraph()
#School_graph_total.add_nodes_from(nodes_students)
School_graph_total_preference.add_edges_from(edges_preference, color='black')
G_preference.add_edges_from(edges_preference, color='black')
nx.draw_circular(School_graph_total_preference, node_color='skyblue', with_labels=True)
plt.show()

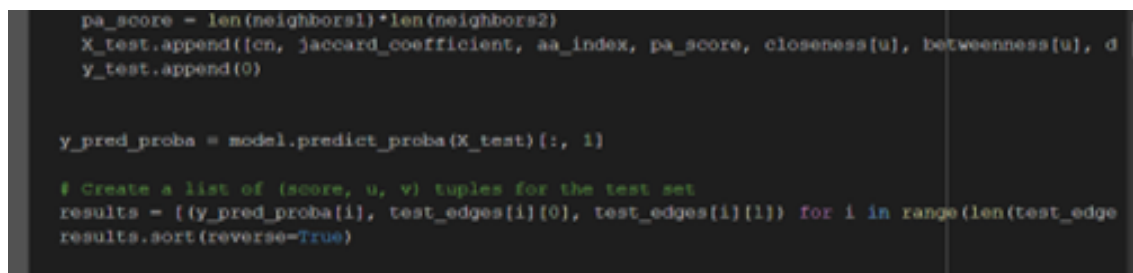
School_graph_total_perception_preference = nx.DiGraph()
G_perception_preference = nx.DiGraph()
School_graph_total_perception_preference.add_edges_from(edges_perception_preference, color='black')
G_perception_preference.add_edges_from(edges_perception_preference, color='black')
nx.draw_circular(School_graph_total_perception_preference, node_color='cyan', with_labels=True)
plt.show()

School_graph_total_rejection = nx.DiGraph()
G_rejection = nx.DiGraph()
#School_graph_total.add_nodes_from(nodes_students)
School_graph_total_rejection.add_edges_from(edges_rejection, color='black')
G_rejection.add_edges_from(edges_rejection, color='black')
nx.draw_circular(School_graph_total_rejection, node_color='orange', with_labels=True)
plt.show()

School_graph_total_perception_rejection = nx.DiGraph()
G_perception_rejection = nx.DiGraph()
School_graph_total_perception_rejection.add_edges_from(edges_perception_rejection, color='black')
G_perception_rejection.add_edges_from(edges_perception_rejection, color='black')
nx.draw_circular(School_graph_total_perception_rejection, node_color='red', with_labels=True)
plt.show()

```

- Έχοντας ολοκληρώσει με τον ορισμό των *X train*, *y train*, *X test*, *y test* και τον ορισμό του μοντέλου, προχωρώ στον υπολογισμό των πιθανοτήτων για την διαμόρφωση και δημιουργία ενός νέου εδγε στον κοινωνικό γράφο του είδους του, με την χρησιμοποίηση της συνάρτησης `predict_proba`, θέτοντας ως παράμετρο το *X test*. Εκεί γίνεται η χρησιμοποίηση της *X test* που απαιτείται, όπως παραθέτω και στην εικόνα 4.2.



```

pa_score = len(neighbors1)*len(neighbors2)
X_test.append((cn, jaccard_coefficient, aa_index, pa_score, closeness[u], betweenness[u], d
y_test.append(0)

y_pred_proba = model.predict_proba(X_test)[: , 1]

# Create a list of (score, u, v) tuples for the test set
results = [(y_pred_proba[i], test_edges[i][0], test_edges[i][1]) for i in range(len(test_edge
results.sort(reverse=True)

```

Εικόνα 4.2: Υπολογισμός των απαραίτητων πιθανοτήτων εμφάνιση ενός *edge* μέσα στον κοινωνικό γράφο.

- Δεν είναι αρκετός ο υπολογισμός της πιθανότητας ενός εδγε να εμφανιστεί και να λάβουμε εκείνη την ακμή με τη μεγαλύτερη πιθανότητα, αλλά έχει σημασία να εξεταστεί και η εγγύτητα των ατόμων, που είναι εν δυνάμει να συνεργαστούν και να αποκτήσουν σχέση επιλογής (*preference*) ή απόρριψης *rejection*. Το γεγονός αυτό, δημιουργεί την ανάγκη για να οριστεί μετρική και συνάρτηση, που να υπολογίζει την κοινωνική και συναισθηματική εγγύτητα, αναφορικά με την απόσταση. Τον ορισμό της απόστασης τον πραγματοποιώ στον κώδικα, στη συνάρτηση με ονομασία `elements`

apostasi με παραμέτρους τους δύο μαθητές κάθε φορά. Και για τον ορισμό αυτόν, κρίθηκε απαραίτητο να ληφθούν υπόψη οι σημαντικές παρατηρήσεις:

- Όλα τα χαρακτηριστικά των μαθητών, δηλαδή “Αυτοσυναίσθηση”, “Ενσυναίσθηση”, “Συναισθηματική ρύθμιση”, “Ευελιξία”, “Επιρροή”, “Εκφραση Συναισθήματος”, “Αισιοδοξία”, “Διεκδικητικότητα”, “Αυτοκίνητρο”, “Σχέσεις”, “Αυτο - εκτίμηση”, “Ομαδική εργασία” χαρακτηρίζονται από ίδια λογικής κλίμακα. Μικρή τιμή χαρακτηριστικού, υποδεικνύει έλλειψη χαρακτηριστικού και δυσκολία στη διαμόρφωση ισχυρών, υγιών, σταθερών και με διάρκεια σχέσεων.
- Τα προαναφερθέντα χαρακτηριστικά, έχουν ίδια βαρύτητα στη διαμόρφωση διαπροσωπικών σχέσεων μεταξύ των μαθητών, και συνεπώς συμμετέχουν ισόβαρα στη διαμόρφωση της «απόστασης» που έχουν οι μαθητές μεταξύ τους.
- Εάν δύο μαθητές χαρακτηρίζονται από υψηλή τιμή ενός χαρακτηριστικού, τότε είναι πολύ εύκολο να διαμορφώσουν τις απαραίτητες προϋποθέσεις, για να σχηματίσουν υγιή, αμοιβαία σχέση εμπιστοσύνης και να σχηματίσουν σχέση προτίμησης αμοιβαία. Αυτό ισχύει για όλα τα κοινωνικά και συναισθηματικά χαρακτηριστικά.
- Εάν δύο μαθητές παρουσιάζουν απόκλιση τιμών ενός χαρακτηριστικού, τότε έχουν την αλληλεπίδραση δύο ανθρώπων, με χαρακτηριστικά ανάγκης ή βοήθειας. Έτσι, π.χ ο μαθητής με υψηλές τιμές «Αισιοδοξίας», μπορεί να βοηθήσει τον μαθητή με αντίστοιχες χαμηλές τιμές «Αισιοδοξίας», βοηθώντας τον να αντιμετωπίζει δυσκολίες και προκλήσεις, με μεγαλύτερη θετικότητα. Τέτοιου είδους αλληλεπιδράσεις, χρίζουν περισσότερης ανάλυσης, καθώς η έκβαση της μεταξύ τους σχέσης, εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Διότι όταν μεταξύ δύο μαθητών, που υπάρχει αμοιβαία στήριξη, κοινές δραστηριότητες, αναίρεση αρνητικών στοιχείων με ενθάρρυνση και υποστήριξη, σεβασμός και αποδοχή, τότε μία τέτοια σχέση μπορεί να έχει αντοχή στο χρόνο και διάρκεια. Όταν, αντιθέτως, όμως, εμφανίζονται φαινόμενα διακρίσεων, ιδιοτέλειας, χειραγώγησης, εξυπηρέτησης συμφερόντων και έλλειψη ειλικρίνειας, τότε δεν μπορεί παρά μία τέτοια κοινωνική και συναισθηματική σύνδεση να τελειώσει σύντομα και άδοξα. Αυτό ισχύει για όλα τα κοινωνικά και συναισθηματικά χαρακτηριστικά.
- Εάν δύο μαθητές χαρακτηρίζονται από χαμηλή τιμή ενός χαρακτηριστικού, τότε είναι πολύ δύσκολο να διαμορφώσουν τις απαραίτητες προϋποθέσεις, για να σχηματίσουν σχέση με διάρκεια και εμπιστοσύνη. Απεναντίας, υπάρχουν ευνοϊκές συνθήκες για παρεξηγήσεις ή δυσκολίες επικοινωνίας και εξωστρέφειας, που συνιστούν ακρογωνιαίο λίθο, στην αλληλεπίδραση και τη φιλία, συνεπώς και την προτίμηση. Επομένως και είναι περισσότερο πιθανό να αποκτήσουν σχέσεις απόρριψης μεταξύ τους. Αυτό ισχύει για όλα τα κοινωνικά και συναισθηματικά χαρακτηριστικά.

Από τις παραπάνω παρατηρήσεις, διαπιστώνεται πως η «απόσταση» των μαθητών ως προς ένα χαρακτηριστικό, είναι αντιστρόφως ανάλογη του γινομένου των μετρικών των δύο μαθητών. Και αυτό για κάθε είδος κοινωνικού και συναισθηματικού χαρακτηριστικού. Ενώ η συνολική απόσταση, αποτελεί το άθροισμα των «αποστάσεων» των μα-

θιτών ως προς τα κοινωνικά και συναισθηματικά χαρακτηριστικά “Αυτοσυναίσθηση”, “Ενσυναίσθηση”, “Συναισθηματική ρύθμιση”, “Ευελιξία”, “Επιρροή”, “Εκφραση Συναισθήματος”, “Αισιοδοξία”, “Διεκδικητικότητα”, “Αυτοκίνητρο”, “Σχέσεις”, “Αυτο - εκτίμηση”, “Ομαδική εργασία”. Και σε όλα αυτά, έχει γίνει πολλαπλασιασμός με συντελεστής βαρύτητας  $w_k$  για το  $k$ -στο χαρακτηριστικό. Στην υλοποίηση, όλα τα χαρακτηριστικά κοινωνικής και συναισθηματικής κατάστασης, έχουν ισοδύναμη βαρύτητα, συνεπώς και όλα τα  $w_k$  είναι ισοδύναμα και ίσα μεταξύ τους. Υπογραμμίζεται το γεγονός, πως το άθροισμα των βαρών  $\sum(w_k)$  που μπορούμε να θέσουμε, μπορεί να είναι οποιοσδήποτε αριθμός, έστω  $f$ , αλλά οφείλουμε να λάβουμε υπόψη δύο παραμέτρους. Αυτές είναι :

- Ότι ύστερα, ως προς την εφαρμογή για κάθε περίπτωση κοινωνικού και συναισθηματικού χαρακτηριστικού ενός μαθητή, θα πρέπει να εφαρμοστεί αντίστοιχη διαίρεση.
- Παραδοχή πως όλα τα χαρακτηριστικά για κάθε μαθητή, διαδραματίζουν ισοδύναμο ρόλο στη διαμόρφωση των κοινωνικών και συναισθηματικών σχέσεων, για κάθε τύπο σχέσεων. Δηλαδή, εάν τα χαρακτηριστικά είναι  $N$  το πλήθος, τότε το βάρος συμμετοχής, θα είναι  $\frac{f}{N}$ .

Επομένως, λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, επιλέχθηκε να τεθεί πως το  $f = 1$  και επομένως, παίρνουμε ως αποδοχή ότι  $\sum(w_k) = 1$ . Μαθηματικώς εκφρασμένα όλα τα παραπάνω που προηγήθηκαν, αποτελούν τα κάτωθι:

$$Dist(i, j, k) = \frac{1}{M_{ik} * M_{jk}}, M_{ik} : \text{μετρική } i\text{-στου μαθητή για το } k\text{-στο χαρακτηριστικό}$$

$$Dist(i, j) = \sum(w_k * Dist(i, j, k)), \text{για όλα τα } k \text{ χαρακτηριστικά}$$

$$\sum(w_k) = 1$$

- Έχοντας ορίσει την απόσταση, εξεταζόμενο μέγεθος αποτελεί το γινόμενο πιθανότητας εμφάνισης ακμής με το αντίστροφο της απόστασης, για τις περιπτώσεις κοινωνικών γράφων προτίμησης, ενώ στις περιπτώσεις κοινωνικών γράφων απόρριψης, εξετάζεται το γινόμενο της πιθανότητας εμφάνισης ακμής επί την προκύπτουσα απόσταση. Και στις δύο περιπτώσεις, πραγματοποιείται ταξινόμηση και για κάθε  $k$ -στη εποχή, επιλέγεται η ακμή με τα μεγαλύτερα score που προκύπτουν, και που βρίσκονται στις πρώτες  $up$  το πλήθος τιμές. Και αυτές οι ακμές, προστίθενται στον κοινωνικό γράφο. Και υποδεικνύεται και μέσω του αλγορίθμου 4.3 που συνοδεύεται.
- Στο τέλος της κάθε εποχής, τις ακμές αυτές που προσθέτουμε στον κοινωνικό γράφο, τις προσθέτουμε και στις λίστες με τα χαρακτηριστικά των edges. Δηλαδή στις λίστες «weight», «criterion», «source», «target» και «key»
- Εάν δεν έχει ολοκληρωθεί η  $k$ -στη εποχή, επιστρέφουμε πίσω στο βήμα 5, στην αρχή που γίνεται ο έλεγχος της συνθήκης εισόδου ή απόδρασης στον βρόγχο και ξανατρέχουμε τα βήματα από εκεί και ύστερα.
- Διαφορετικά, πλέον έχουν διαμορφωθεί όλα τα είδη κοινωνικών γράφων και με χρήση βιβλιοθηκών της json, που υπάρχει στην Python3, παράγεται το λεξικό με τα χαρα-

**ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ 4.3:** *Εκτύπωση των τελικών μέτρων εμφάνισης ενός edge μέσα στο κοινωνικό δίκτυο.*

```
final_results = []
for element in results:
    distance = elements_apostasi(element[1],element[2])
    rest_multiplied = ginomeno_ypoloipwn(element[1],element[2])
    final_results.append(((rest_multiplied/distance)*element[0],element[1],element[2]))

final_results.sort(reverse=True)
print("TOP FINAL 10 predictions:")
for i in range(len(final_results)):
    score, u, v = final_results[i]
    print(f"{u} -> {v}: {score}")

results_on_connected = []
for node1,node2 in list(nx.edges(G)):
    distance = elements_apostasi(node1,node2)
    results_on_connected.append((distance,node1,node2))
average_scores = sum(final_results[:,0])/len(final_results)
print(average_scores)
```

κτηριστικά του νέου γράφου. Έπειτα, με χρήση αλγορίθμων Girvan-Newman και Modularity Maximization ορίζονται οι κοινότητες για κάθε τύπο κοινωνικής και συναισθηματικής σχέσης των μαθητών της τάξης. Και τέλος, θέτεται ως στοιχείο εξόδου (output), το εκάστοτε .json αρχείο. Η ονομασία που αποδίδεται για το παραγόμενο .json αρχείο είναι το όνομα του αρχείου εισόδου συν την κατάληξη after.json, προκειμένου να είναι διακριτό το αρχείο εισόδου και να αποφευχθούν φαινόμενα σύγχυσης και περιττής αναζήτησης εισόδου. Η διαδικασία της εύρεσης κοινοτήτων, από τους δύο προαναφερθέντες αλγορίθμους, περιγράφεται και αποτυπώνεται ολοκληρωμένα, από τον πηγαίο κώδικα που χρειάστηκε να παραχθεί, στην τελευταία εικόνα της παρούσας ενότητας. Και παρατίθεται στον Αλγόριθμο 4.4

Υπογραμμίζω πως η υλοποίηση του αλγορίθμου και η αποτύπωσή του σε πρόγραμμα, πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του εργαλείου «Google Colab», ενώ η γλώσσα προγραμματισμού, όπως προαναφέρθηκε, αποτελεί η Python3.

Εκτός βεβαίως από το κομμάτι αρχιτεκτονικής σε Python3, υπάρχει και ένα δεύτερο μεγάλο σκέλος, η αρχιτεκτονική της διεπαφής, που υπάρχει ανάμεσα σε περιβάλλον τύπου web και στον χρήστη, εν προκειμένω στον υποψήφιο δάσκαλο ή καθηγητή που θα χρησιμοποιήσει την πλατφόρμα.

Στην επόμενη ενότητα, με την ίδια λογική και ανάλυση όπως στην παρούσα ενότητα, θα αναλυθεί η αρχιτεκτονική διεπαφής ανθρώπου - πλατφόρμας και μέσω της οποίας, ο χρήστης θα μπορεί να πραγματοποιήσει την δική του έρευνα, ανάλυση, μελέτη.

### 4.3 Ανάγκη παραγωγής διεπαφής

Ο αλγόριθμος που αναπτύχθηκε σε γλώσσα Python3 και το παραγόμενο Notebook ωστόσο, με παρεπόμενο την παραγωγή του .json αρχείου, που με τη σειρά του αποτυπώνει τις μελλοντικές κοινωνικές και συναισθηματικές σχέσεις των μαθητών, δεν είναι αρκετά μεγέθη. Εξίσου σημαντικό, πέρα από την αποτύπωση του αλγορίθμου, αποτελεί και η οπτικοποίηση

#### ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ 4.4: Αποτύπωση αλγορίθμων Girvan Newman και Modularity Maximization για εύρεση κοινοτήτων

---

```
def community_detection_NG_ps(G, k): #here our max k is 50
    max_performance = 0
    final_communities = None
    k_of_community = 0
    comp = nx.algorithms.community.centralities.girvan_newman(G)

    #to stop getting tuples of communities once the number of communities is greater than k
    limited = itertools.takewhile(lambda c: len(c) <= k, comp)

    #enumerate the list so that we can decide on the best modularity score
    for j in tqdm_notebook(range(2, k+1), desc = 'Progress bar to find the optimum k' ):
        for i, koinotites in enumerate(limited):
            coverage, performance = nx.algorithms.community.quality.partition_quality(G, koinotites)
            if (max_performance < performance):
                max_performance = performance
                final_communities = koinotites
                k_of_community = i+2 #because the minimal value of k is 2 (ie split in 2 communities)

    print("Number of communities k =", k_of_community, ", Best performance =", max_performance)
    print("The communities are:")
    print(tuple(sorted(c) for c in final_communities), "\n")

    return tuple(sorted(c) for c in final_communities), max_performance

import time
def community_detection_MM(G):
    start = time.time()
    communities = nx.algorithms.community.modularity_max.greedy_modularity_communities(G)
    end = time.time()
    print("Time required: ", end-start, " s\n")
    modularity = nx.algorithms.community.quality.modularity(G, communities)
    coverage, performance = nx.algorithms.community.quality.partition_quality(G, communities)

    print("Modularity = ", modularity, ", Performance =", performance)
    print("The communities are:")
    print(tuple(sorted(c) for c in communities), "\n")

    return tuple(sorted(c) for c in communities), modularity, performance
#print(G_preference.copy())
```

---



των αποτελεσμάτων που παράγονται. Σε οικείο για τον χρήστη περιβάλλον διεπαφής, μέσω του οποίου ο χρήστης, ο δάσκαλος, ο καθηγητής, θα είναι σε θέση να βλέπει τις μελλοντικές προβλέψεις που η Μηχανική Μάθηση του προτείνει. Να διαθέτει χρώματα, που ευδιάκριτα θα μαρτυρούν το ποιες νέες κοινωνικές και συναισθηματικές σχέσεις των μαθητών της τάξης του, είναι πιθανόν να προκύψουν, ή και να εκλείψουν. Να χαρακτηρίζεται από φίλτρα και κουμπιά, μέσα από τα οποία ο εκπαιδευτικός φορέας, θα μπορεί να συγκρίνει διαφορετικούς κοινωνικούς γράφους, κάθε στιγμή, είτε αποτελούν παροντικούς γράφους είτε μελλοντικούς. Να μπορεί να συγκρίνει και να παρατηρεί την πορεία των μετρικών και να ενημερωθεί έγκαιρα, προκειμένου να μπορέσει να προλάβει και να αποτρέψει φαινόμενα αποξένωσης μαθητών, απομόνωσης ή δημιουργίας κλίκας μαθητών, απομονωμένης από το υπόλοιπο σχολικό περιβάλλον.

Για τους παραπάνω λόγους, κρίθηκε απαραίτητο και επιτακτικό, η παραγωγή κώδικα και περιβάλλοντος, προκειμένου να γίνει η οπτικοποίηση των παραπάνω ζητούμενων. Και η οπτικοποίηση αυτή, γίνεται με τη βοήθεια των γλωσσών προγραμματισμού JavaScript, HTML και CSS. Πιο αναλυτικά, για την διαμόρφωση του Frontend μέρους του website, του περιβάλλοντος εργασίας, πάνω στο οποίο θα εργαστεί, αναλύσει, ερευνήσει ο εκπαιδευτικός, χρησιμοποιείται η HTML, ενώ για τα διακοσμητικά χαρακτηριστικά, τις συμπεριφορές χρωμάτων και μεγεθών κατά τις διεργασίες του ποντικιού, χρησιμοποιείται στο σκέλος `<style>` `</style>` η CSS γλώσσα προγραμματισμού. Τέλος, για την επίτευξη και διαμόρφωση των λειτουργιών, τους τρόπους συμπεριφοράς και αντίδρασης που θα πραγματοποιηθούν, όταν “πυροδοτείται” (trigger) μία ενέργεια (φεριπεϊν πάτημα ενός κουμπιού), χρησιμοποιείται η γλώσσα προγραμματισμού JavaScript. Βασικό μέγεθος της JavaScript για την παραγωγή της παρούσας διπλωματικής εργασίας, αποτελεί η βιβλιοθήκη D3.js.

Το D3 (Data-Driven Documents ή D3.js) αποτελεί μια βιβλιοθήκη JavaScript για οπτικοποίηση δεδομένων χρησιμοποιώντας πρότυπα Ιστού και βοηθά να ζωντανέψουν τα δεδομένα χρησιμοποιώντας SVG, Canvas και HTML, σε δισδιάστατες και τρισδιάστατες αναπαραστάσεις, που είναι οικείες και φιλικές για τον κάθε χρήστη. Συνδυάζει τα χαρακτηριστικά του Frontend προγραμματισμού, όπως αποτυπώνονται και υλοποιούνται με τη βοήθεια της HTML στην περίπτωση μας, με το Backend του προγραμματισμού, καθώς αποτελεί γλώσσας JavaScript, και συνεπώς υλοποιείται ακολουθώντας συγκεκριμένους συντακτικούς κανόνες. Διαθέτει επίσημο site που είναι αναρτημένο στο διαδίκτυο, με πληθώρα εφαρμογών και project, περιλαμβάνοντας και κώδικα υλοποίησης και διαφαίνεται το site στην Εικόνα 4.7 .

## 4.4 Ανάλυση δομής της διεπαφής

Εκτός από την αποτύπωση του προγράμματος, του αλγορίθμου και της λογικής, πάνω στην οποία γίνεται χρήση μηχανικής μάθησης, η πρόβλεψη των μελλοντικών κοινωνικών και συναισθηματικών σχέσεων, κάθε τύπου, μεταξύ των μαθητών, δημιούργησε επιπλέον την ανάγκη οπτικοποίησης των αποτελεσμάτων αυτών, όσο και γενικότερα οπτικοποίησης όλων των σχέσεων, είτε στο παρόν, είτε στο μέλλον. Διότι πράγματι, είναι σημαντική η ύπαρξη κώδικα, πλατφόρμας, εργαλείου, μέσω του οποίου να δίνεται η δυνατότητα πρόβλεψης και να υπάρξει για δεδομένη αρχική κατάσταση κοινωνικού περιβάλλοντος, εικόνα για το μέλλον, που εν προκειμένω, αποτυπώνεται μέσω αρχείων τύπου .json. Ωστόσο, σε επίπεδο



Εικόνα 4.3: [7] Εικόνα από το επίσημο site του D3.js, από το οποίο χρησιμοποιήθηκαν πολυπλές πληροφορίες για την υλοποίηση της διπλωματικής εργασίας.

κατανόησης, οργάνωσης, επεξεργασίας, ανάλυσης και έρευνας, από οποιονδήποτε χρήστη, ακόμα και από κάποιον/α που δεν είναι εξοικειωμένος/η πλήρως με την χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή, είναι αναγκαίο το περιβάλλον εργασίας να είναι φιλικό, λειτουργικό και χρηστικό, παρέχοντας δίκαιες ευκαιρίες μάθησης σε όλους. Προς αυτή την κατεύθυνση, για ισότητα και δικαιοσύνη, αναπτύχθηκε η διεπαφή, που είναι τύπου web και που σε πρακτικό επίπεδο, επιλέχθηκε να υποστηριχθεί χρησιμοποιώντας ως Browser τον Microsoft Edge.

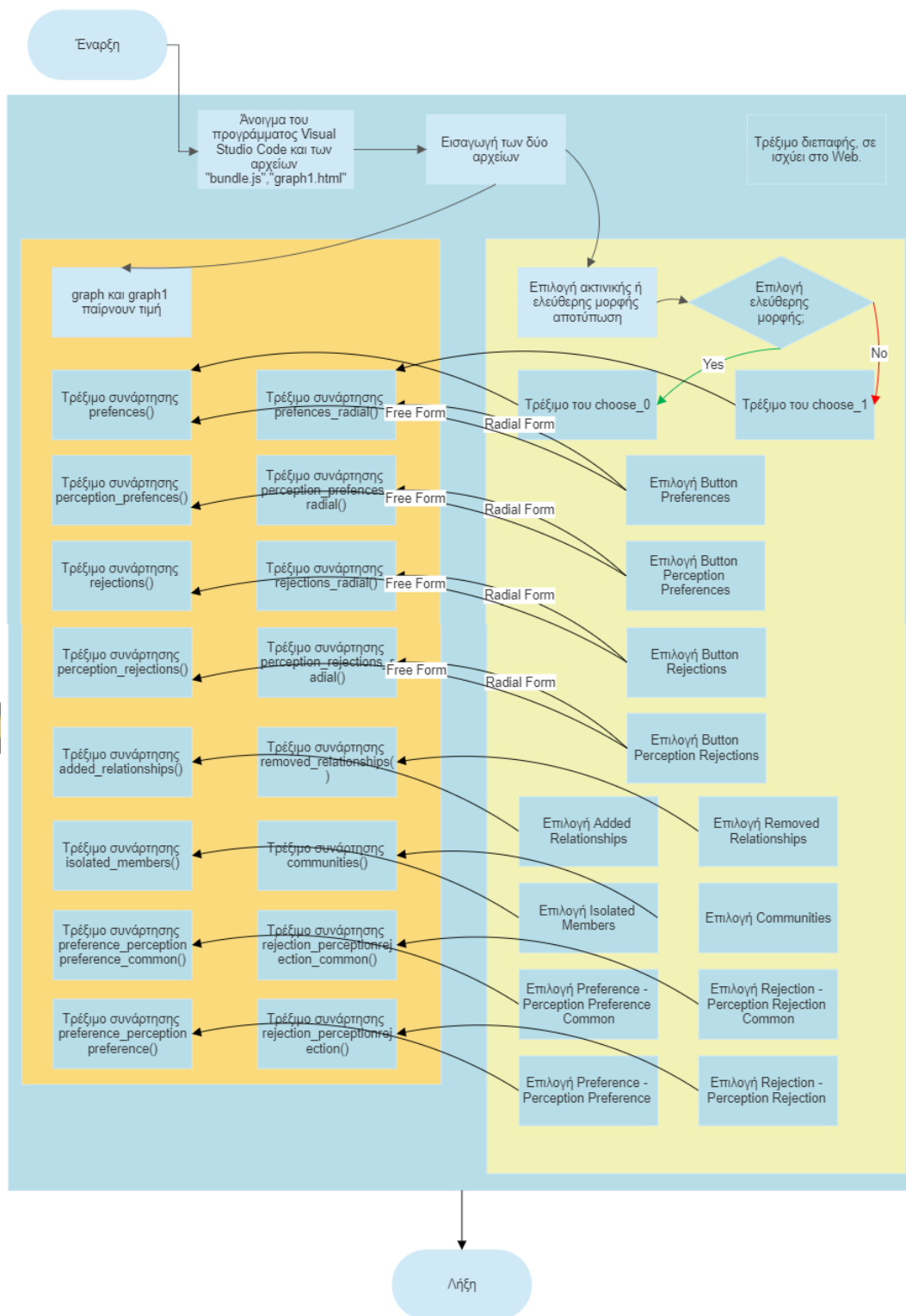
Μέσα από αυτή τη διεπαφή, ο χρήστης μπορεί να αλληλεπιδράσει με κώδικες προγραμματισμού που αναπτύχθηκαν και να κάνει από εκεί τις μετρήσεις, αναλύσεις, εκτιμήσεις, συγκρίσεις και καταγραφές για τις κοινωνικές και συναισθηματικές σχέσεις των μαθητών της τάξης του. Οι κώδικες προγραμματισμού, χωρίζονται σε δύο μεγάλα σκέλη. Είναι εκείνοι οι κώδικες, που λειτουργούν ως παρασκήνιο, χαρακτηρίζονται ως το «Backend» κομμάτι της διεπαφής και είναι γραμμένοι σε γλώσσα προγραμματισμού Javascript. Αλλά είναι και εκείνοι οι κώδικες, που διαμορφώνουν αισθητικά και λειτουργικά, οπτικά, τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα από τα οποία αποτελείται η διεπαφή, και που αποτελούν το «Frontend» μέρος της διεπαφής. Οι κώδικες του «Frontend» μέρους, είναι γραμμένοι σε HTML και σε CSS.

Επισημαίνεται, πως βασικό σκέλος και σκελετός, για την αρχιτεκτονική της διεπαφής, στηρίχθηκε σε σκελετό κώδικα, που αποτυπώνεται σε πρωτόλειους κώδικες, που βρίσκονται στο link από την πλατφόρμα Github<sup>3</sup> και πολλή εργασία, δουλειά, ανάλυση, εξέλιξη έγινε επί αυτού.

Η αρχιτεκτονική και η λογική της υλοποίησης της διεπαφής που σχεδιάστηκε, συνοψίζεται με την αποτύπωση του διαγράμματος, που βρίσκεται στο σχήμα 4.3 και που αποτυπώνει την δομή της διεπαφής.

Σκοπός του διαγράμματος ροής (flow-chart), αποτελεί η περιληπτική παράθεση και οπτικοποίηση της αρχιτεκτονικής της προσέγγισης, για αποδοτικότερη κατανόηση της λογικής, πάνω στην οποία εδράζεται η διεπαφή. Αξιοποιήθηκε το πρόγραμμα προσομοίωσης Smart-

<sup>3</sup><https://gitlab.com/isaacmg/d3-graph-visualization>



Σχήμα 4.3: Μία φωτογραφία διαγράμματος ροής (flow-chart) της λογικής και αρχιτεκτονικής δόμησης της διεπαφής, των λειτουργιών που επιτελεί. Αριστερά αποτυπώνονται οι συναρτήσεις σε Javascript που εκτελούνται και κατόντιστοιχία δεξιά τα κουμπιά τους στη διεπαφή.

`draw`<sup>4</sup> για την παραγωγή του διαγράμματος ροής και είναι δωρεάν στο Διαδίκτυο.

Πιο αναλυτικά, το διάγραμμα ροής χαρακτηρίζεται από διαδοχικά βήματα, που είναι απαραίτητο να ακολουθηθούν με τη σειρά, προκειμένου να προκύψει το επιθυμητό παραγόμενο αποτέλεσμα. Στην αρχή, στο πρώτο, τέρμα αριστερό και πάνω οβάλ, που είναι γαλάζιο, επισημαίνεται η έναρξη των βημάτων και δείχνει πως εκκινεί η κατεύθυνση για άνοιγμα της web διεπαφής. Σε επόμενο βήμα, όπως φαίνεται και στο διάγραμμα, είναι απαραίτητο να γίνει το άνοιγμα του προγράμματος Visual Studio Code<sup>5</sup> και από εκεί των αρχείων «`bundle.js`», «`graph1.html`», που βρίσκονται εντός του φακέλου με τους κώδικες και τις εικόνες, και που αποτελεί όλο το πακέτο της συνολικής υλοποίησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Και κατόπιν αυτού του βήματος, στο Visual Studio Code, καταφεύγει ο χρήστης στο Menu, στο Run και εκτέλεση, όντας ως επιλεγμένο αρχείο το «`graph1.html`» αρχείο.

Από τη στιγμή που έχει ανοίξει η Web εφαρμογή, ο χρήστης έχει ανοίξει στο Microsoft Edge τη διεπαφή και από εκεί, είναι απαραίτητο, ως επόμενο βήμα, να κάνει είσοδο δύο αρχείων. Τα αρχεία αυτά, είναι τύπου `.json` και που αποτυπώνουν όλες τις κοινωνικές και συναισθηματικές σχέσεις των μαθητών του αρχείου. Είναι απαραίτητο αυτό, καθώς μόνο τότε, θα είναι σε θέση ο χρήστης να αποτυπώσει τους κοινωνικούς γράφους και να κάνει οπτική σύγκριση και αναπαράσταση των κοινωνικών γράφων. Οπότε και τότε, οι μεταβλητές `graph` και `graph1` παίρνουν τιμές. Ενώ επιπλέον, σε επόμενο βήμα, όπως φαίνεται από το σχήμα 4.3 επιλέγεται η μορφή οπτικοποίησης, αν θα είναι ελεύθερης μορφής ή ακτινικής μορφής (οι μορφές οπτικοποίησης αναλύονται ενδελεχώς στην Ενότητα 5.3). Εάν έχει επιλεγθεί η ελεύθερη μορφή οπτικοποίησης, τότε εκτελείται στο `graph1.html` αρχείο, σε κώδικα γλώσσας Javascript, η συνάρτηση `choose 0()`, ενώ εάν έχει επιλεγθεί η ελεύθερη μορφή οπτικοποίησης, τότε εκτελείται στο `graph1.html` αρχείο, σε κώδικα γλώσσας Javascript, η συνάρτηση `choose 1()`.

Από εκεί και ύστερα, έχει εκπληρωθεί το υποχρεωτικό σκέλος βημάτων που ο υποψήφιος χρήστης καλείται να εκτελέσει για την κατά το δυνατόν πληρέστερη χρήση της διεπαφής ανθρώπου - προγράμματος και όπως φαίνεται στην διεπαφή, υπάρχουν κουμπιά και επιλογές, που ο χρήστης μπορεί να πατήσει με κλικ, για να κάνει περισσότερη έρευνα, εξειδικευμένη ανάλυση και συγκρίσεις.

Όπως φαίνεται από την εικόνα 4.3, υπάρχουν δύο μεγάλα ορθογώνια που πλαισιώνουν τις μπλέ ορθογώνιες λειτουργίες - ενέργειες και αυτό σχεδιάστηκε, προκειμένου να αποτυπώσει το γεγονός πως οι εκδηλώσεις που πραγματοποιούνται στο δεξιά κίτρινο χρώμα, πραγματοποιούνται στο αρχείο «`graph1.html`», ενώ οι εκδηλώσεις που πραγματοποιούνται στο αριστερά πορτοκαλί χρώμα, απεικονίζουν τις συναρτήσεις που τρέχουν πρώτα σε αυτές. Οι λειτουργίες που τελικά τρέχουν σε τελική ανάλυση, πραγματοποιούνται στο αρχείο «`bundle.js`». Έτσι π.χ, η συνάρτηση `showRelationships()` βρίσκεται και στο αρχείο «`bundle.js`» και στο «`graph1.html`», ενώ για την περίπτωση της παράθεσης των προστιθέμενων ακμών, η συνάρτηση που τρέχει σε πρώτη φάση είναι η `addedRelationships()` στο «`graph1.html`» ενώ η τελική που αναλαμβάνει την πλειοψηφία των λειτουργιών, βρίσκεται στη συνάρτηση `show added relationships`, στο αρχείο «`bundle.js`».

<sup>4</sup><https://cloud.smartdraw.com/>

<sup>5</sup><https://code.visualstudio.com/>

Πιο συγκεκριμένα, όπως φαίνεται και από το σχήμα με την ανάλυση της αρχιτεκτονικής διεπαφής, οι επιλογές που υπάρχουν, είναι:

- «Preference of classmates»: Το πάτημα της επιλογής αυτής, θα οδηγήσει στην εκτέλεση είτε της συνάρτησης `πρεφερενς()`, εάν έχει επιλεγεί ελεύθερης μορφής οπτικοποίηση, είτε της συνάρτησης `πρεφερενς ραδιαλ()` εάν έχει επιλεγεί ακτινικής μορφής οπτικοποίηση, που και οι δύο βρίσκονται στο αρχείο «`graph.html`». Και από εκεί και πέρα, γίνεται επίκληση της συνάρτησης `change parameters()` που βρίσκεται στο αρχείο «`bundle.js`»
- «Perception preference of classmates»: Το πάτημα της επιλογής αυτής, θα οδηγήσει στην εκτέλεση είτε της συνάρτησης `περσεπτιον πρεφερενς()`, εάν έχει επιλεγεί ελεύθερης μορφής οπτικοποίηση, είτε της συνάρτησης `περσεπτιον πρεφερενς ραδιαλ()` εάν έχει επιλεγεί ακτινικής μορφής οπτικοποίηση, που και οι δύο βρίσκονται στο αρχείο «`graph.html`». Και από εκεί και πέρα, γίνεται επίκληση της συνάρτησης `change parameters()` που βρίσκεται στο αρχείο «`bundle.js`».
- «Rejection of classmates»: Το πάτημα της επιλογής αυτής, θα οδηγήσει στην εκτέλεση είτε της συνάρτησης `ρεθεςτιον()`, εάν έχει επιλεγεί ελεύθερης μορφής οπτικοποίηση, είτε της συνάρτησης `ρεθεςτιον ραδιαλ()` εάν έχει επιλεγεί ακτινικής μορφής οπτικοποίηση, που και οι δύο βρίσκονται στο αρχείο «`graph.html`». Και από εκεί και πέρα, γίνεται επίκληση της συνάρτησης `change parameters()` που βρίσκεται στο αρχείο «`bundle.js`».
- «Rejection preference of classmates»: Το πάτημα της επιλογής αυτής, θα οδηγήσει στην εκτέλεση είτε της συνάρτησης `περσεπτιον ρεθεςτιον()`, εάν έχει επιλεγεί ελεύθερης μορφής οπτικοποίηση, είτε της συνάρτησης `περσεπτιον ρεθεςτιον ραδιαλ()` εάν έχει επιλεγεί ακτινικής μορφής οπτικοποίηση, που και οι δύο βρίσκονται στο αρχείο «`graph.html`». Και από εκεί και πέρα, γίνεται επίκληση της συνάρτησης `change parameters()` που βρίσκεται στο αρχείο «`bundle.js`».
- «Added Relationships»: Το πάτημα της επιλογής αυτής κουμπιού, θα οδηγήσει στην εκτέλεση της συνάρτησης `added relationships()` και από κει και πέρα στη συνάρτηση `show added relationships()`, η οποία και βρίσκεται στο αρχείο «`bundle.js`».
- «Removed Relationships»: Το πάτημα της επιλογής αυτής κουμπιού, θα οδηγήσει στην εκτέλεση της συνάρτησης `removed relationships()` και από κει και πέρα στη συνάρτηση `show removed relationships()`, η οποία και βρίσκεται στο αρχείο «`bundle.js`».
- «Isolated Members»: Το πάτημα της επιλογής αυτής κουμπιού, θα οδηγήσει στην εκτέλεση της συνάρτησης `isolated members()`, η οποία και βρίσκεται και στο αρχείο «`bundle.js`».
- «Communities»: Το πάτημα της επιλογής αυτής κουμπιού, θα οδηγήσει στην εκτέλεση της συνάρτησης `communities()`, η οποία και βρίσκεται στο αρχείο «`bundle.js`».

- «Reset»: Το πάτημα της επιλογής αυτής κουμπιού, θα οδηγήσει στην εκτέλεση της συνάρτησης `reset()`, η οποία και βρίσκεται στο αρχείο «`bundle.js`», ή μέσα από επί μέρους ελέγχους, την συνάρτηση του κοινωνικού είδους σχέσεων, που είχε τρέξει τελευταία φορά.
- «Preference - Perception Preference Common»: Το πάτημα της επιλογής αυτής στο `DropDown`, θα οδηγήσει στην εκτέλεση της συνάρτησης `preference perceptionpreference common()`, η οποία και βρίσκεται στο αρχείο «`bundle.js`».
- «Rejection - Perception Rejection Common»: Το πάτημα της επιλογής αυτής στο `DropDown`, θα οδηγήσει στην εκτέλεση της συνάρτησης `rejection perceptionrejection common()`, η οποία και βρίσκεται στο αρχείο «`bundle.js`».
- «Preference - Perception Preference»: Το πάτημα της επιλογής αυτής στο `DropDown`, θα οδηγήσει στην εκτέλεση της συνάρτησης `preference perceptionpreference()`, η οποία και βρίσκεται στο αρχείο «`bundle.js`».
- «Rejection - Perception Rejection»: Το πάτημα της επιλογής αυτής στο `DropDown`, θα οδηγήσει στην εκτέλεση της συνάρτησης `rejection perceptionrejection()`, η οποία και βρίσκεται στο αρχείο «`bundle.js`».

Αξιόλογο επισήμανσης, αποτελεί το γεγονός πως πέραν αυτών των κουμπιών, σε επίπεδο διεπαφής, εκτός από τα στοιχεία εισόδου εντολών, δηλαδή τα κουμπιά, οι υποδοχές αρχείων και οι επιλογές σε `Dropdown menu`, υπάρχουν και στοιχεία ενημέρωσης, όπως αποτελούν το πλαίσιο επεξήγησης χρωμάτων, τα πλαίσια οπτικοποίησης των κοινωνικών γράφων και ο πίνακας αποτύπωσης μετρικών ομοιότητας, τόσο στον πρώτο όσο και στον δεύτερο κοινωνικό γράφο. Αναλυτικότερα, επισημαίνονται και αναλύονται, στην Ενότητα 5.3, για τον ρόλο που επιτελούν.

Τέλος, όπως φαίνεται και στο σχήμα 4.3, υπάρχει και ένα βέλος που οδηγεί στην “Λήξη”. Η λήξη αυτή, επέρχεται με την επιλογή εξόδου από την πλατφόρμα, τύπου `web`, στο τέρμα πάνω δεξιά μέρος, με ενδεικτικό σχήμα κόκκινου περιβλήματος και ένδειξη σε «X».

## 4.5 Παραγόμενο Αποτέλεσμα

Παραγόμενα αποτελέσματα εμφανίζονται τόσο από το κομμάτι του αλγορίθμου σε γλώσσα `Python3`, όσο και από το κομμάτι της αρχιτεκτονικής πάνω στη διεπαφή μεταξύ χρήστη και περιβάλλοντος σε `Web`. Πιο συγκεκριμένα για κάθε στοιχείο:

Όπως διαφαίνεται και από τα χαρακτηριστικά του αλγορίθμου σε `Python3`, μετά το τρέξιμο του παραπάνω αλγορίθμου, ακολουθώντας πιστά τη σειρά των βημάτων που προαναφέρθηκαν, θα παράξουν ένα τελικό αποτέλεσμα. Το παραγόμενο αποτέλεσμα, αποτελεί ένα τελικό τύπου `.json` αρχείο, το οποίο περιέχει τα χαρακτηριστικά «`directed`», με τιμή `true`, «`multigraph`» με τιμή `true`, το χαρακτηριστικό «`graph`» με περιεχόμενο `()`, το χαρακτηριστικό «`nodes`» με περιεχόμενο τις κορυφές που υπήρχαν και στον αρχικό γράφο, το χαρακτηριστικό «`links`», που περιέχει όλες τις ακμές, χρώματος γκρι, μαύρες, πράσινες και κόκκινες, καθώς

και το χαρακτηριστικό «communities», με όλες τις κοινότητες, για όλους τους τύπους κοινωνικών γράφων προτίμησης (Preference), εκτιμώμενης προτίμησης (Perception Preference), απόρριψης (Rejection) και εκτιμώμενης απόρριψης (Perception Rejection).

Από την άλλη μεριά, σε επίπεδο διεπαφής, το παραγόμενο αποτέλεσμα είναι ο χρήστης να έχει στη διάθεσή του ένα καλά δομημένο περιβάλλον εργασίας, με επεξηγήσεις, εύκολο στη χρήση. Υπακούει στις αρχές δικαιοσύνης και ισότητας χρήσης, για όλους τους χρήστες, για όλους τους καθηγητές και εκπαιδευτικούς, ανεξαρτήτως εξοικείωσης ή μη με τη χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή. Επιπλέον, δίνεται η δυνατότητα για σύγκριση διαφόρων κοινωνικών και συναισθηματικών γράφων, κάθε τύπου, για κάθε χρονική στιγμή σύγκρισης. Αποτέλεσμα είναι να έχει ο χρήστης έναν "βοηθό", που με τη χρήση μηχανικής μάθησης, θα υποδεικνύει πιθανές μελλοντικές εκβάσεις σχέσεων, προτίμησης και απόρριψης, θα συμβάλει στις συγκρίσεις και στην καταμέτρηση της εξέλιξης μετρικών ομοιότητας, μεταξύ παρόντος και μέλλοντος. Ένα συνοδευτικό εργαλείο, που θα λειτουργήσει ως αρωγός, στο σημαντικό κοινωνικό και πολιτισμικό λειτούργημα που επιτελεί ο δάσκαλος και που προσφέρει παιδεία, ήθος, πολιτισμό και γνώσεις στις μελλοντικές γενιές.





## Κεφάλαιο 5

# Οδηγός προσαρμογής και χρήσης του συστήματος

---

Το σύστημα συνολικά, όπως έχει ήδη προαναφερθεί, χαρακτηρίζεται από δύο βασικά στοιχεία. Από τον αλγόριθμο, που είναι γραμμένος σε γλώσσα προγραμματισμού Python3 και που ο χρήστης εκεί θα μπορέσει να βρει τις προβλεπόμενες μελλοντικές κοινωνικές και συναισθηματικές σχέσεις των μαθητών, καθώς και τις προβλεπόμενες παραγόμενες κοινότητες - κλίκες μαθητών, με δεδομένο ως είσοδο το αρχείο με τις κοινωνικές σχέσεις των μαθητών, που είναι τύπου .json . Επίσης, το σύστημα χαρακτηρίζεται και από το περιβάλλον διεπαφής ανθρώπου – υπολογιστή, μέσα στο οποίο ο υποψήφιος χρήστης, θα είναι σε θέση να μπορέσει να πραγματοποιήσει οπτικοποίηση των .json αρχείων, δηλαδή οπτικοποίηση των κοινωνικών γράφων για κάθε τύπο κοινωνικής και συναισθηματικής αλληλεπίδρασης των μαθητών, που αποτελούν οι περιπτώσεις Προτίμησης, Εκτίμησης Προτίμησης, Απόρριψης και Εκτίμησης Απόρριψης («Preference», «Perception of Preference», «Rejection», «Perception of Rejection»).

Αυτό που καλείται ο υποψήφιος χρήστης να κάνει, για να μπορέσει να κάνει πλήρη χρήση των προγραμμάτων, αρχείων και εργαλείων, είναι να ακολουθήσει διαδοχικά όλα τα βήματα με τη σειρά, όπως αυτά περιγράφονται στις επόμενες ενότητες του παρόντος κεφαλαίου. Σε πρώτη ανάλυση, οφείλει ο χρήστης να τρέξει το Notebook αρχείο, προκειμένου για δεδομένες αρχικές κοινωνικές και συναισθηματικές σχέσεις των μαθητών, να ληφθούν τα αναμενόμενα μελλοντικά αποτελέσματα. Σε περίπτωση που απλώς, ωστόσο, ο χρήστης δεν επιθυμεί να κάνει έρευνα πάνω σε προβλέψεις και μελλοντικές σχέσεις μαθητών, αλλά απλώς συγκρίσεις, πάνω σε τωρινούς κοινωνικούς γράφους, όπως αποτυπώνονται μέσα στα δεδομένα αρχικά .json αρχεία, δύναται να παραλείψει τη χρήση του αλγορίθμου Python3 και να μεταβεί απευθείας στην αξιοποίηση της διεπαφής, που αναπτύσσονται παρακάτω. Σε οποιαδήποτε άλλη περίπτωση, ο χρήστης, οφείλει να διαβάσει τα βήματα που περιγράφονται στην αμέσως επόμενη ενότητα και για λόγους ορθότητας, να τα ακολουθήσει πιστά.

### 5.1 Βήμα προς βήμα οδηγός αλγορίθμου Python3

Διαδοχικώς, εκτελούνται τα εξής κάτωθι βήματα :

- Σε πρώτη φάση, ο χρήστης, ο καθηγητής ή ο δάσκαλος, καλείται να καταφύγει στον φάκελο, που περιλαμβάνει όλα τα αρχεία και όλους τους κώδικες, που προϋποθέτει

πως έχει ο χρήστης έχει κατεβάσει τοπικά πρώτα στον προσωπικό του υπολογιστή.

- Εντός του φακέλου αυτού, υπάρχει αρχείο, που είναι τύπου `.ipy nb` και που υποδηλώνει ότι πρόκειται για αρχείο τύπου Notebook και χαρακτηρίζεται από τον τίτλο “Κώδικας Python3”, το οποίο και καλείται να ανεβάσει (upload) σε πλατφόρμα, που να υποστηρίζει αρχεία τύπου Notebook. Ενδεικτικά παραδείγματα τέτοιων πλατφόρμων, αποτελούν μεταξύ άλλων το Jupyter Notebook και το Google Colab, με το τελευταίο να συνιστά και προτεινόμενο περιβάλλον εργασίας για τον υποψήφιο χρήστη.
- Έχοντας γίνει ανέγερμα του αρχείου και έχοντας προσβάσιμο και ορατό τον κώδικα, με συνιστώμενο περιβάλλον εργασίας το Google Colab, ο χρήστης καλείται να εισάγει στα Αρχεία - Βάση δεδομένων το `.zip` αρχείο, ονόματι «EmoSocioGraphsDemo.zip» που περιέχει τις λεπτομέρειες με τα κοινωνικά και συναισθηματικά χαρακτηριστικά όλων των μαθητών.
- Έχοντας διαθέσιμα και τα χαρακτηριστικά, εκτελούνται τα δύο πρώτα κελιά, με το δεύτερο κελί, στην ενότητα «Input the file», να απαιτεί μέσω «Button», το `.json` αρχείο που ο υποψήφιος χρήστης θέλει να εισάγει και να ερευνήσει, αναφορικά με τις μελλοντικές κοινωνικές και συναισθηματικές σχέσεις, καθώς και τις κοινότητες, που η Μηχανική Μάθηση θα υποδείξει.
- Έχοντας επιλέξει το αρχείο, έχοντας μαρκάρει το τρίτο κελί, ο χρήστης επιλέγει “Χρόνος εκτέλεσης (runtime)” και τέλος “Εκτέλεση μετά”

Από εκεί και πέρα, όλα τα κελιά πλέον τρέχουν μόνα τους, ενώ μετά το τέλος της εκτέλεσης του `.ipy nb` αρχείου, στα Αρχεία - Βάση δεδομένων θα εμφανιστεί το τελικό, ζητούμενο `.json` αρχείο, με επέκταση τίτλου `after.json`, το οποίο και θα κατεβάσει.

## 5.2 Προκύπτων αποτέλεσμα του Python3 αλγορίθμου

Όπως διαφαίνεται και από τα προηγούμενα βήματα, μετά το τρέξιμο του αλγορίθμου σε Python3 γλώσσα, ακολουθώντας πιστά τη σειρά των βημάτων που προαναφέρθηκαν, θα παράξουν ένα τελικό αποτέλεσμα. Το παραγόμενο αποτέλεσμα, αποτελεί ένα τελικό, τύπου `.json`, αρχείο, το οποίο περιέχει τα χαρακτηριστικά «directed», με τιμή `true`, «multigraph» με τιμή `true`, το χαρακτηριστικό «graph» με περιεχόμενο `()`, το χαρακτηριστικό «nodes» με περιεχόμενο τις κορυφές που υπήρχαν και στον αρχικό γράφο, το χαρακτηριστικό «links», που περιέχει όλες τις ακμές, χρώματος γκρι, μαύρες, πράσινες και κόκκινες, καθώς και το χαρακτηριστικό «communities», με όλες τις κοινότητες, για όλους τους τύπους κοινωνικών γράφων προτίμησης (Preference), εκτιμώμενης προτίμησης (Perception Preference), απόρριψης (Rejection) και εκτιμώμενης απόρριψης (Perception Rejection).

Εκτός βέβαια από το κομμάτι του αλγορίθμου σε γλώσσα προγραμματισμού Python3, ο χρήστης, προκειμένου να κάνει την οπτικοποίηση των κοινωνικών γράφων, για κάθε τύπο κοινωνικών και συναισθηματικών σχέσεων, καλείται να προχωρήσει στην εκτέλεση των βημάτων για τη χρήση της διεπαφής, τύπου Web, η οποία αποτελεί προϊόν γλωσσών Javascript, CSS και HTML. Πρόκειται για το αποτέλεσμα “συνεργασίας” των αρχείων «bundle.js» και

«graph1.html», για τα οποία και γίνεται επισημότερη αναφορά στις επόμενες παραγράφους και ενότητες. Για την χρήση της διεπαφής αυτής, που συνιστά συνώνυμο της ουσιαστικής αλληλεπίδρασης ανθρώπου – υπολογιστή, καλείται ο χρήστης να εφαρμόσει βήμα – βήμα τα βήματα, που περιγράφονται στην ακριβώς επόμενη ενότητα.

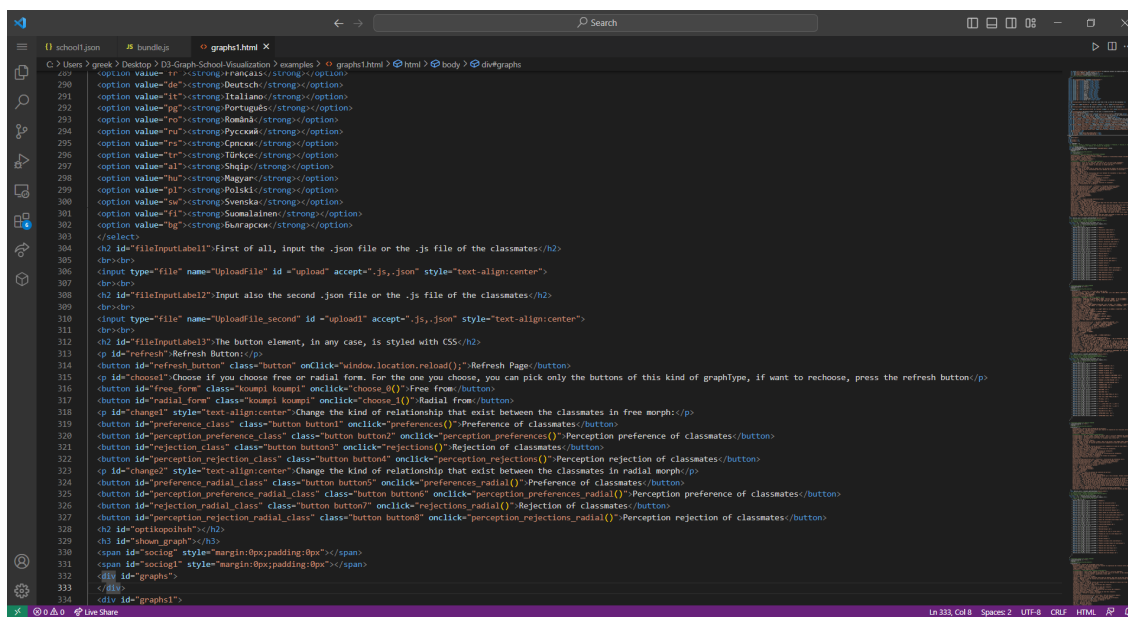
### 5.3 Ανάλυση βημάτων χρήσης της διεπαφής

Τα βήματα που καλείται ο εκπαιδευτικός φορέας να ακολουθήσει, για να πραγματοποιήσει ολοκληρωμένη χρήση της HTML διεπαφής, συνοψίζονται στην συνοδευόμενο σχήμα 5.1 και αποτελεί το εξής κάτωθι:

Τα βήματα αυτά, ικανοποιούν και περιλαμβάνουν και τα 4 είδη κοινωνικών και συναισθηματικών σχέσεων μεταξύ των μαθητών, δηλαδή τις περιπτώσεις προτίμησης (Preference), εκτιμώμενης προτίμησης (Perception Preference), απόρριψης (Rejection) και εκτιμώμενης απόρριψης (Perception Rejection).

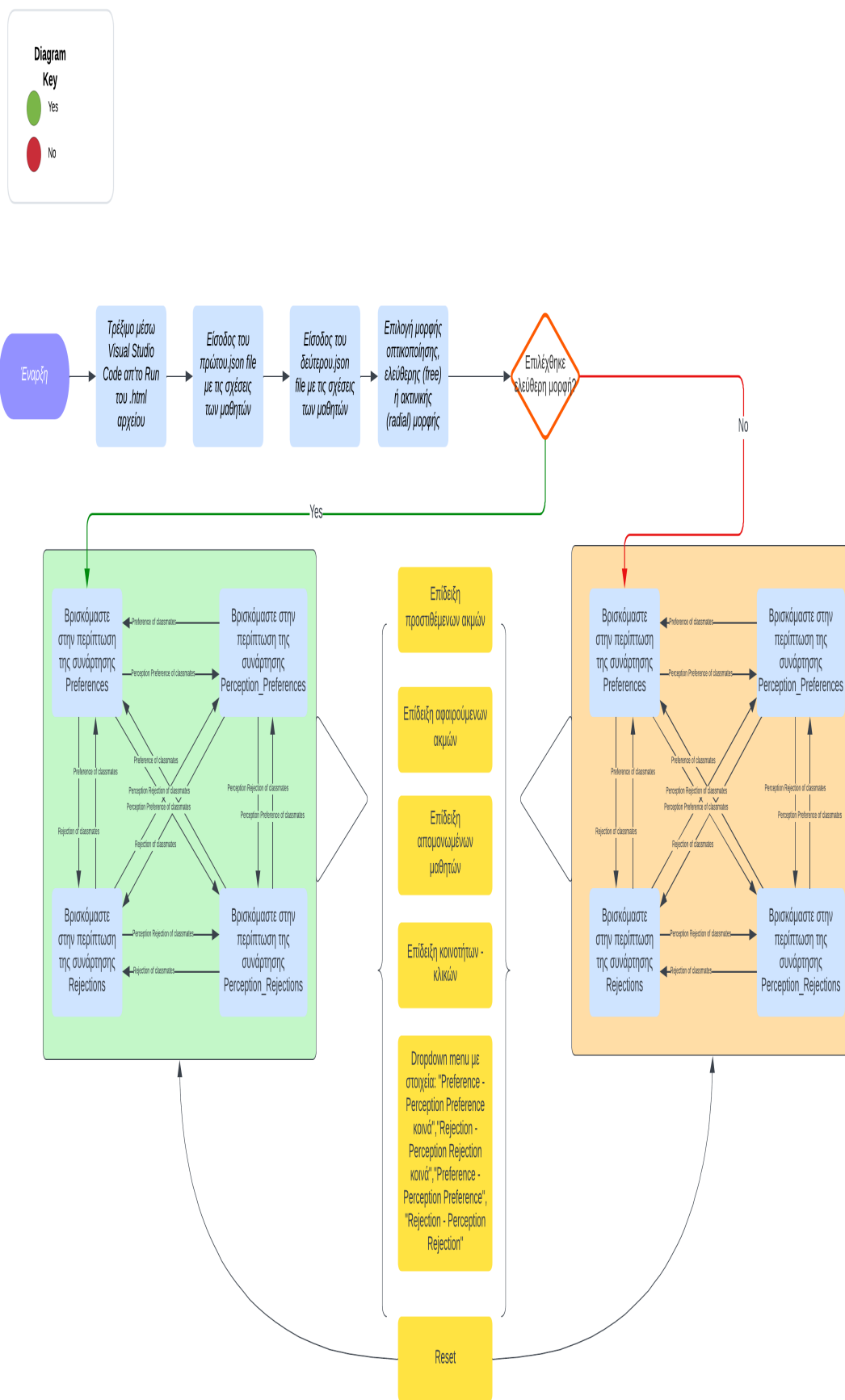
Η απεικόνιση περιγράφεται αναλυτικά από τα παρακάτω διαδοχικά βήματα και αναλύουν τα βήματα που πρέπει να ακολουθηθούν από τον χρήστη, για να πραγματοποιήσει ολοκληρωμένη χρήση του προγράμματος αυτού. Και συνιστούν τα εξής κάτωθι:

- Το πρόγραμμα λειτουργεί πάνω σε δύο αρχεία, στο αρχείο «bundle.js» που είναι τύπου .js, σε JavaScript, καλύπτοντας το Backend κομμάτι του προγράμματος, και στο αρχείο «graph1.html», που είναι τύπου HTML και που καλύπτει το Frontend κομμάτι του προγράμματος. Ο δάσκαλος καλείται να καταφύγει στο φάκελο με τα προγράμματα και τις σχετικές εικόνες, και με δεξιά κλικ, να επιλέξει «Open with Code», επιλέγοντας ως πλατφόρμα λειτουργίας, το Visual Studio Code. Οπότε και η κατάσταση στην οποία θα βρεθεί, απεικονίζεται στην Εικόνα 5.1, που είναι η εξής



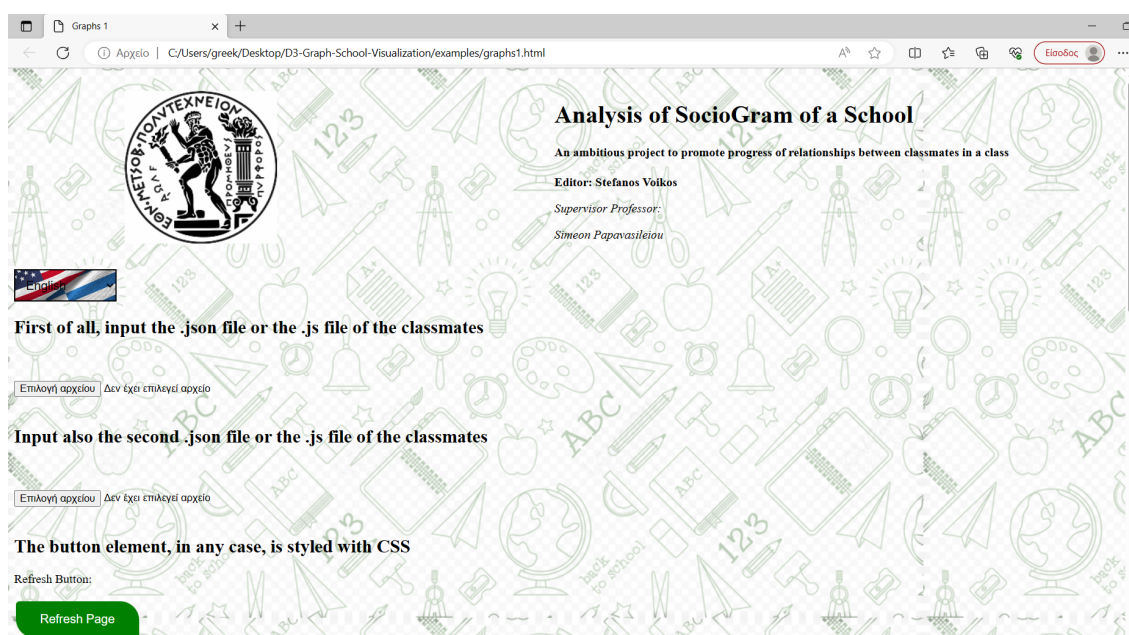
Εικόνα 5.1: Η εικόνα που θα αντικρίσει ο χρήστης κατά την εκτέλεση του βήματος 1.

- Τόσο το .js αρχείο όσο και το .html αρχείο χαρακτηρίζονται από πληρότητα, συνεπώς



Σύντομα 5.1: Μία φωτογραφία διαγράμματος ροής (flow-chart) των βημάτων που καλείται να χρησιμοποιήσει ο εκπαιδευτικός, για την χρήση της διεπαφής HTML. *Διπλωματική Εργασία*

δεν χρειάζεται να γίνει κάποια παρέμβαση από τη μεριά του υποψηφίου χρήστη. Για την εκτέλεση του προγράμματος, όντας ως επιλεγμένο το .html αρχείο, στο Dropdown Menu, επιλέγεται το «Run» και εν συνεχεία «Run without Debugging». Οπότε και θα πραγματοποιηθεί η εμφάνιση της Web διεπαφής, πάνω στην οποία θα μπορέσει ο χρήστης, να κάνει την δική του έρευνα, ανάλογα με τις εκάστοτε ανάγκες του. Το περιβάλλον στο οποίο θα βρεθεί τώρα, αποτυπώνεται στην Εικόνα 5.2 . Όπως διαφαίνεται, ο χρήστης, ανάλογα με την εθνικότητά του και τις γλώσσες που μπορεί να καταλαβαίνει, μπορεί να καταφύγει στο Dropdown Menu, και να επιλέξει την γλώσσα που τον ενδιαφέρει και μεταξύ άλλων, δύναται να προτιμήσει: Αγγλικά, Ελληνικά, Ισπανικά, Γαλλικά, Γερμανικά, Ιταλικά, Ρουμάνικα, Ρωσικά, Σέρβικα, Τουρκικά, Αλβανικά, Ουγγρικά, Πολωνικά, Σουηδικά, Φινλανδικά ή Βουλγάρικα. Η αλλαγή γλώσσας μπορεί να πραγματοποιηθεί οποιαδήποτε χρονική στιγμή.



Εικόνα 5.2: Η εικόνα που θα αντικρίσει ο χρήστης κατά την εκτέλεση του βήματος 2.

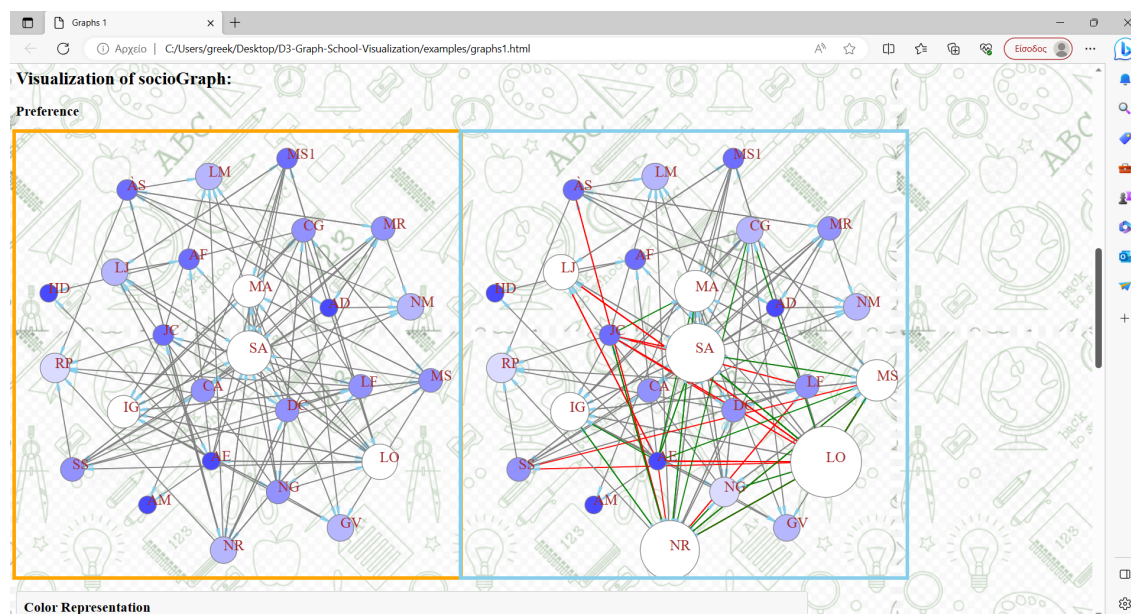
- Ο χρήστης, καλείται να εισάγει δύο .json αρχεία, καθένα από τα οποία εμπεριέχει τα χαρακτηριστικά των κοινωνικών γράφων όλων των ειδών κοινωνικών σχέσεων των μαθητών, των κορυφών που συμμετέχουν στους σχετικούς κοινωνικούς γράφους (τύπου Preference, Perception of Preference, Rejection, Perception of Rejection). Δεν υπάρχει περιορισμός ως προς το εάν εισάγεται .json αρχείο που περιγράφει κοινωνικούς γράφους στις αρχικές καταστάσεις ή τις τελικές καταστάσεις, συνεπώς και είναι δυνατόν και στις δύο υποδοχές αρχείων .json, να εισαχθεί το ίδιο αρχείο. Και μάλιστα, πραγματοποιείται διάκριση περιπτώσεων σκοπών και επιθυμιών, από τη μεριά του χρήστη:
  - Εάν ο χρήστης, επιθυμεί να πραγματοποιήσει σύγκριση κοινωνικών γράφων της ίδιας χρονικής στιγμής (είτε αρχικών καταστάσεων είτε τελικών καταστάσεων), τότε ο χρήστης κρίνεται απαραίτητο και στις δύο υποδοχές αρχείων, να εισάγει το ίδιο αρχείο. Και έπειτα, στο Dropdown menu, να επιλέξει όποιο είδος σύγκρισης ε-

πιθυμεί. Ειδική περίπτωση, αποτελεί εκείνη κατά την οποία ο δάσκαλος, εισάγει αρχείο αρχικής κατάστασης στο 2ο Input αρχείων και επιδιώξει να βρει τις κοινότητες που υπάρχουν, οι οποίες από τα δοσμένα αρχεία αρχικής κατάστασης δεν έχουν οριστεί. Συνεπώς και θα λάβει μήνυμα τύπου Alert, πως για το αρχείο που έχει δώσει, δεν έχουν οριστεί κοινότητες.

- Σε οποιαδήποτε άλλη περίπτωση, κατά την οποία θέλει να μελετήσει τις διαφορές που έχουν εμφανιστεί μεταξύ παρελθόντος και παρόντος, ο χρήστης τότε θα εισάγει στο 1ο Input αρχείων το αρχείο αρχικής κατάστασης και στο 2ο Input το αρχείο τελικής κατάστασης, κατά προτίμηση των ίδιων μαθητών και κατά συνέπεια του ίδιου αρχικού ονόματος αρχείου (το όνομα αρχείου για την τελική κατάσταση είναι το ίδιο με της αρχικής κατάστασης, προστιθέμενο με την συνέχεια «after») για να έχει πρακτική αξία. Λειτουργεί το πρόγραμμα για οποιοδήποτε Input αρχείων, αλλά με εισαγωγή κοινωνικών γράφων με τελείως διαφορετικούς μαθητές και ονόματα, δεν προσδίδει κάποια πρακτική αξία.
- Έχοντας εισάγει ο υποψήφιος χρήστης τα αρχεία προς είσοδο, για να αποκτήσει οπτική πρόσβαση των γράφων, θα πρέπει να ορίσει σε ποια μορφή επιθυμεί να του εμφανιστούν οι κοινωνικοί γράφοι. Υπάρχουν δύο δυνατότητες επιλογής μορφολογικής για την αποτύπωση των κοινωνικών γράφων:
  - Στην μία περίπτωση υπάρχει η “Ελεύθερη Μορφή” (Free Form), κατά την οποία οι κορυφές, που αντιπροσωπεύουν μαθητές, βρίσκονται διάσπαρτες μέσα στον χώρο του καμβά, στο SVG και οι σχέσεις αποτυπώνονται με κατευθυνόμενες ακμές, αποτυπώνοντας είδος κοινωνικής σχέσης. Οι κορυφές χαρακτηρίζονται από διακύμανση χρώματος από άσπρο έως μπλε, στις περιπτώσεις προτίμησης και εκτίμησης προτίμησης, διαφορετικά από άσπρο έως κόκκινο για τις περιπτώσεις απόρριψης και εκτίμησης απόρριψης. Ενώ τόσο η χρωματική διαστρωμάτωση όσο και η ακτίνα μίας κορυφής, καθορίζεται από το πλήθος των γειτόνων και των συνδεδεμένων ακμών. Όσο περισσότερες ακμές συνδέονται με μία κορυφή, τόσο η κορυφή αυτή αποκτά πιο μεγάλη ακτίνα αλλά και χρώμα της τείνει προς το λευκό.
  - Στην άλλη περίπτωση υπάρχει η “Ακτινική Μορφή” (Radial Form), κατά την οποία οι κορυφές, που αντιπροσωπεύουν μαθητές, βρίσκονται πιο περιορισμένα πάνω σε κάποιον από τους γκρι ομόκεντρους κύκλους στο SVG και οι σχέσεις αποτυπώνονται με κατευθυνόμενες ακμές, αποτυπώνοντας είδος κοινωνικής σχέσης και εδώ. Στην ακτινική μορφή, απεικονίζονται ομόκεντροι γκρι κύκλοι, που αναπαριστούν ουσιαστικά το πόσο μία κορυφή, ένας μαθητής δηλαδή, βρίσκεται στο επίκεντρο της τάξης, σε επίπεδο δημοφιλίας και σχέσεων, ως προς την εξεταζόμενη σχέση (τύπου Preference, Perception of Preference, Rejection, Perception of Rejection). Οι κορυφές χαρακτηρίζονται από διακύμανση χρώματος από άσπρο έως μπλε, στις περιπτώσεις προτίμησης και εκτίμησης προτίμησης, διαφορετικά από άσπρο έως κόκκινο για τις περιπτώσεις απόρριψης και εκτίμησης απόρριψης. Ενώ τόσο η χρωματική διαστρωμάτωση όσο και η απόσταση της κορυφής

από το κέντρο, καθορίζονται από το πλήθος των γειτόνων και των συνδεδεμένων ακμών. Όσο περισσότερες ακμές συνδέονται με μία κορυφή, τόσο η κορυφή αυτή είναι πιο δημοφιλής και “κεντρική”, συνεπώς και είναι πιο κοντά στο κέντρο, αποκτώντας ταυτόχρονα χρώμα που τείνει προς το λευκό.

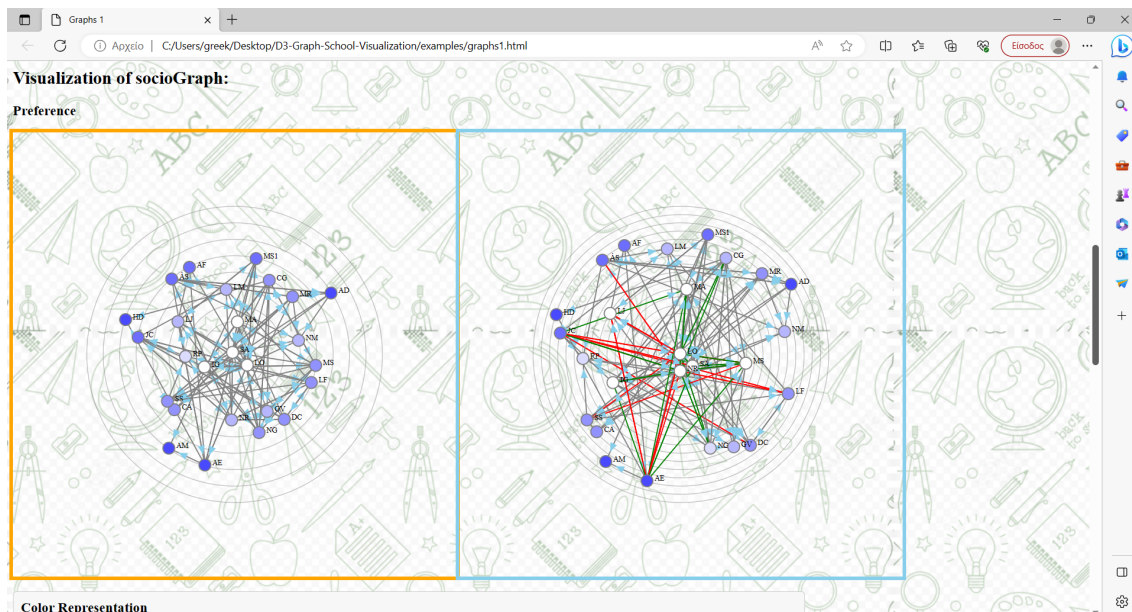
Οποιαδήποτε από τις δύο μορφές παράγει τα ίδια κοινωνικά γραφήματα που έχουν επιλεχθεί, ενώ τονίζεται πως κατά την εκκίνηση, κατόπιν επιλογής της μορφής οπτικοποίησης, εμφανίζονται οι κοινωνικοί γράφοι τύπου Εκτίμησης (Preference), ενώ για την επιλογή κάποιου άλλου είδους και τύπου, θα πρέπει να πατηθούν τα κατάλληλα κουμπιά. Επισημαίνεται πως η επιλογή μορφής γράφου είναι οριστική, και σε περίπτωση επιθυμίας αλλαγής της μορφής (από ελεύθερη σε ακτινική και το αντίστροφο), θα πρέπει να εκκινήσει ξανά η διαδικασία από την αρχή ή με επιλογή πατήματος του κουμπιού «Refresh Page», για να φρεσκάρει ξανά τη σελίδα και να εκκινήσει ο χρήστης από την αρχή. Ευθύς αμέσως, αποτυπώνονται οι τύπου εικόνες που αντικρίζει ο χρήστης, μετά το πέρας των παραπάνω βημάτων και αποτυπώνονται στις δύο εικόνες, τις 5.3 και 5.4.



Εικόνα 5.3: Αυτό είναι το αποτέλεσμα της επιλογής της ελεύθερης μορφής για την αναπαράσταση των κοινωνικών γράφων.

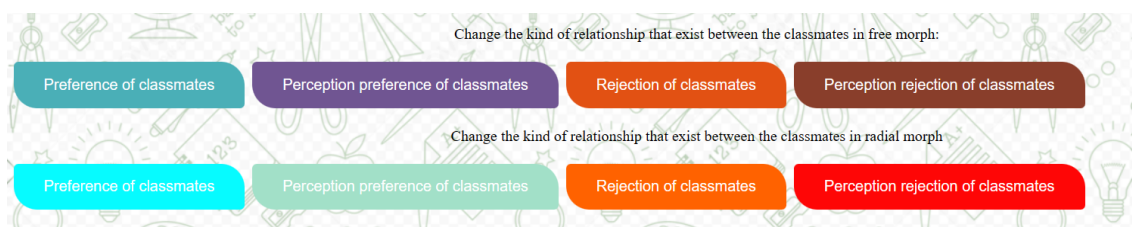
Τα υποχρεωτικά βήματα για την εμπεριστατωμένη και ολοκληρωμένη λειτουργία του προγράμματος, αποτελούν τα παραπάνω και από εδώ και πέρα, ο χρήστης ενεργεί κατά όπωσ τον ενδιαφέρει, ανάλογα με τα ζητούμενα που θέλει να διευθετήσει, τις συγκρίσεις που θέλει να πραγματοποιήσει, τα στατιστικά και διαγραμματικά δεδομένα που πιθανόν να θέλει να παράξει και γενικά τις απαντήσεις που θέλει να λάβει. Οπότε και θα αναλυθούν όλες οι υπόλοιπες παράμετροι που μετέχουν στην web σελίδα του προγράμματος.

Στο πάνω μέρος της Web διεπαφής, εμφανίζονται 8 κουμπιά, εκ των οποίων τα 4 κουμπιά αναφέρονται στην περίπτωση της ελεύθερης μορφής και τα υπόλοιπα 4, με τα ίδια ονόματα όπως και πριν, αναφέρονται στην περίπτωση της ακτινικής μορφής. Σε κάθε περίπτωση, εάν



Εικόνα 5.4: Αυτό είναι το αποτέλεσμα της επιλογής της ακτινικής μορφής για την αναπαράσταση των κοινωνικών γράφων .

ο χρήστης επιθυμεί να δει τους κοινωνικούς γράφους τύπου “Προτίμησης”, τόσο στο αριστερά κελί όσο και στο δεξιά, τότε, ανάλογα με τη μορφή αποτύπωσης που είχε επιλέξει στην αρχή (ελεύθερη ή ακτινική), προσφεύγει στο κουμπί «Preference of classmates». Όμοια, εάν ο χρήστης επιθυμεί να δει τους κοινωνικούς γράφους τύπου “Εκτίμηση Προτίμησης”, τόσο στο αριστερά κελί όσο και στο δεξιά, τότε, ανάλογα με τη μορφή αποτύπωσης που είχε επιλέξει στην αρχή (ελεύθερη ή ακτινική), προσφεύγει στο κουμπί «Perception preference of classmates». Εάν ο χρήστης επιθυμεί να δει τους κοινωνικούς γράφους τύπου “Απόρριψης”, τόσο στο αριστερά κελί όσο και στο δεξιά, τότε, ανάλογα με τη μορφή αποτύπωσης που είχε επιλέξει στην αρχή (ελεύθερη ή ακτινική), προσφεύγει στο κουμπί «Rejection of classmates». Όμοια, εάν ο χρήστης επιθυμεί να δει τους κοινωνικούς γράφους τύπου “Εκτίμηση Απόρριψης”, τόσο στο αριστερά κελί όσο και στο δεξιά, τότε, ανάλογα με τη μορφή αποτύπωσης που είχε επιλέξει στην αρχή (ελεύθερη ή ακτινική), προσφεύγει στο κουμπί «Perception rejection of classmates». Παραθέτω τα κουμπιά στα οποία γίνεται η αναφορά και αποτελούν τα ακόλουθα εικονιζόμενα, στην Εικόνα 5.5.



Εικόνα 5.5: Μία φωτογραφία των κουμπιών με τους τύπους των κοινωνικών γράφων (Preference, Perception Preference, Rejection, Perception Rejection), τόσο στην ελεύθερη όσο και στην ακτινική μορφή.

Εκτός από τα κουμπιά αυτά, κάτω από τα πλαίσια SVG και τους καρβάδες, εμφανίζονται επιπλέον επιλογές για τον χρήστη, που παραθέτονται μερικές μέσω μορφής Dropdown



μενού, ενώ άλλες επιλογές, εμφανίζονται υπό τη μορφή κουμπιών.

Οι δυνατότητες που υπάρχουν στο Dropdown menu, περιλαμβάνουν τις επιλογές «Preference – Perception Preference Common», «Rejection – Perception Rejection Common», «Preference – Perception Preference» και «Rejection – Perception Rejection». Πιο αναλυτικά, επιτελούν τις εξής λειτουργίες:

- «Preference – Perception Preference Common»: Με δεδομένα τα αρχεία που έχουν εισέλθει και στα δύο Input, στο 1ο Input, που εμφανίζεται στο αριστερά κελί, αποτυπώνεται ο κοινωνικός γράφος τύπου Preference των μαθητών, ενώ στο 2ο Input, που εμφανίζεται στο δεξιά κελί, αποτυπώνεται ο κοινωνικός γράφος τύπου Perception Preference των μαθητών. Στην εν λόγω επιλογή, υπογραμμίζονται οι κοινές ακμές των δύο κοινωνικών γράφων, δηλαδή οι ακμές που εμφανίζονται και στους δύο αυτούς κοινωνικούς γράφους. Η επισήμανση αυτή γίνεται με χρήση μπλε χρώματος αραβόσιπου (CornFlower Blue και δεκαεξαδικό κωδικό #6495ED) και αποτυπώνεται ευδιάκριτα τόσο στον δεξιά όσο και στον αριστερό κοινωνικό γράφο. Η χρήση του μπλε αυτού χρώματος, υπογραμμίζεται αναλυτικά και στο κελί με την αναπαράσταση των χρωμάτων (Color Representation)
- «Rejection – Perception Rejection Common»: Με δεδομένα τα αρχεία που έχουν εισέλθει και στα δύο Input, στο 1ο Input, που εμφανίζεται στο αριστερά κελί, αποτυπώνεται ο κοινωνικός γράφος τύπου Rejection των μαθητών, ενώ στο 2ο Input, που εμφανίζεται στο δεξιά κελί, αποτυπώνεται ο κοινωνικός γράφος τύπου Perception Rejection των μαθητών. Στην εν λόγω επιλογή, υπογραμμίζονται οι κοινές ακμές των δύο κοινωνικών γράφων, δηλαδή οι ακμές που εμφανίζονται και στους δύο αυτούς κοινωνικούς γράφους. Η επισήμανση αυτή γίνεται με χρήση μπλε χρώματος αραβόσιπου (CornFlower Blue και δεκαεξαδικό κωδικό #6495ED) και αποτυπώνεται ευδιάκριτα τόσο στον δεξιά όσο και στον αριστερό κοινωνικό γράφο. Η χρήση του μπλε αυτού χρώματος, υπογραμμίζεται αναλυτικά και στο κελί με την αναπαράσταση των χρωμάτων (Color Representation)
- «Preference – Perception Preference»: Με δεδομένα τα αρχεία που έχουν εισέλθει και στα δύο Input, στο 1ο Input, που εμφανίζεται στο αριστερά κελί, αποτυπώνεται ο κοινωνικός γράφος τύπου Preference των μαθητών, ενώ στο 2ο Input, που εμφανίζεται στο δεξιά κελί, αποτυπώνεται ο κοινωνικός γράφος τύπου Perception Preference των μαθητών. Στην εν λόγω επιλογή, υπογραμμίζονται οι διαφορετικές ακμές των δύο κοινωνικών γράφων, δηλαδή οι ακμές που υπάρχουν σε έναν από τους δύο κοινωνικούς γράφους και όχι και στους δύο. Πιο συγκεκριμένα, οι ακμές που εμφανίζονται στον αριστερά κοινωνικό γράφο και όχι στον δεξιά, επισημαίνονται με χρήση κίτρινου χρώματος, ενώ οι ακμές που εμφανίζονται στον δεξιά κοινωνικό γράφο και όχι στον αριστερό, επισημαίνονται με χρήση μωβ χρώματος. Η χρήση των χρωμάτων αυτών επιλέχθηκε καθώς τα δύο χρώματα έχουν έντονο, ευδιάκριτο χαρακτήρα και είναι μεταξύ τους αντίθετα χρώματα στην χρωματική παλέτα. Η χρήση μάλιστα των χρωμάτων αυτών στις ακμές υπογραμμίζεται αναλυτικά και στο κελί με την αναπαράσταση των χρωμάτων (Color Representation).

- «Rejection - Perception Rejection»: Με δεδομένα τα αρχεία που έχουν εισέλθει και στα δύο Input, στο 1ο Input, που εμφανίζεται στο αριστερά κελί, αποτυπώνεται ο κοινωνικός γράφος τύπου Rejection των μαθητών, ενώ στο 2ο Input, που εμφανίζεται στο δεξιά κελί, αποτυπώνεται ο κοινωνικός γράφος τύπου Perception Rejection των μαθητών. Στην εν λόγω επιλογή, υπογραμμίζονται οι διαφορετικές ακμές των δύο κοινωνικών γράφων, δηλαδή οι ακμές που υπάρχουν σε έναν από τους δύο κοινωνικούς γράφους και όχι και στους δύο. Πιο συγκεκριμένα, οι ακμές που εμφανίζονται στον αριστερά κοινωνικό γράφο και όχι στον δεξιά, επισημαίνονται με χρήση κίτρινου χρώματος, ενώ οι ακμές που εμφανίζονται στον δεξιά κοινωνικό γράφο και όχι στον αριστερό, επισημαίνονται με χρήση μωβ χρώματος. Η χρήση των χρωμάτων αυτών επιλέχθηκε καθώς τα δύο χρώματα έχουν έντονο, ευδιάκριτο χαρακτήρα και είναι μεταξύ τους αντίθετα χρώματα στην χρωματική παλέτα. Η χρήση μάλιστα των χρωμάτων αυτών στις ακμές υπογραμμίζεται αναλυτικά και στο κελί με την αναπαράσταση των χρωμάτων (Color Representation)

Για λόγους πληρότητας και κατανόησης της θέσης και του ακριβούς μενού στο οποίο πραγματοποιήθηκε η αναφορά, παρατίθεται σχετική εικόνα επεξήγησης και αποτελεί η Εικόνα 5.6.



Εικόνα 5.6: Μία φωτογραφία του Dropdown menu με τις επιλογές που μπορεί να πραγματοποιήσει ο χρήστης και να κάνει μερικές στοχευμένες συγκρίσεις των κοινωνικών γράφων.

Αντίστοιχα, υπάρχουν δυνατότητες υπό την μορφή κουμπιών, και οι δυνατότητες αυτές, περιλαμβάνουν τις επιλογές «Added Relationships», «Removed Relationships», «Isolated Members», «Communities» και «Reset». Πιο αναλυτικά, επιτελούν τις εξής λειτουργίες:

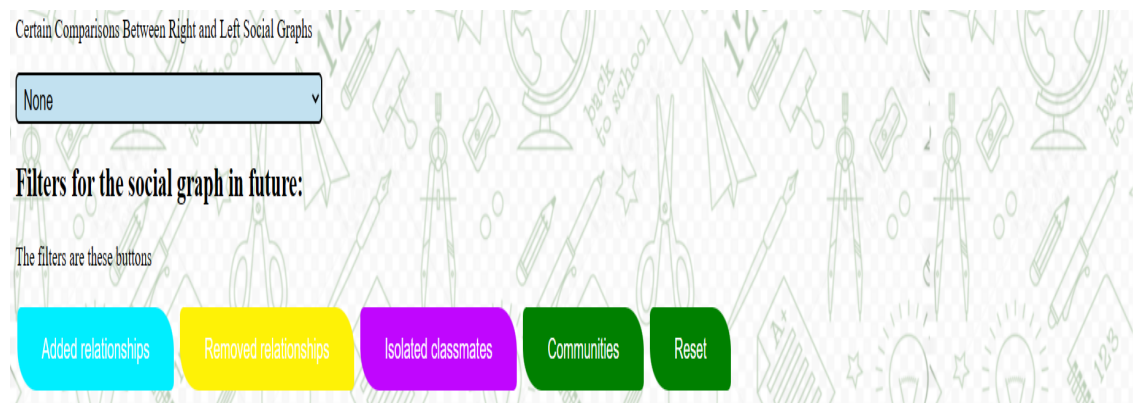
- «Added Relationships»: Με δεδομένο το αρχείο που έχει εισαχθεί στο δεύτερο Input, που εμφανίζεται στο δεξιά κελί, αποτυπώνεται ο κοινωνικός γράφος των μαθητών του παρόντος τύπου που γίνεται η επιλογή του συγκεκριμένου κουμπιού. Στην εν λόγω επιλογή, υπογραμμίζονται οι ακμές που έχουν προστεθεί στον αρχικό κοινωνικό γράφο. Αποτελούν οι ακμές δηλαδή που για τον δεδομένο τύπο κοινωνικού γράφου, δεν υπήρχαν στην αρχή και εμφανίστηκαν στον κοινωνικό γράφο στην τελική κατάσταση. Αποτυπώνονται με πράσινο χρώμα και μόνο αυτές οι ακμές, εμφανίζονται με την επιλογή αυτού του κουμπιού. Στην περίπτωση που το 2ο Input, έχει επιλεγεί με γράφο αρχικής κατάστασης, θα αποτυπώσει τον κοινωνικό γράφο χωρίς ακμές, καθώς πράγματι δεν υπάρχουν στην αρχική κατάσταση προστιθέμενες ακμές, πράσινες ακμές.
- «Removed Relationships»: Με δεδομένο το αρχείο που έχει εισαχθεί στο δεύτερο Input,

που εμφανίζεται στο δεξιά κελί, αποτυπώνεται ο κοινωνικός γράφος των μαθητών του παρόντος τύπου που γίνεται η επιλογή του συγκεκριμένου κουμπιού. Στην εν λόγω επιλογή, υπογραμμίζονται οι ακμές που έχουν αφαιρεθεί από τον αρχικό κοινωνικό γράφο. Αποτελούν οι ακμές δηλαδή που για τον δεδομένο τύπο κοινωνικού γράφου, υπήρχαν στην αρχή και αφαιρέθηκαν τελικά στον κοινωνικό γράφο στην τελική κατάσταση. Αποτυπώνονται με κόκκινο χρώμα και μόνο αυτές οι ακμές, εμφανίζονται με την επιλογή αυτού του κουμπιού. Στην περίπτωση που το 2ο Input, έχει επιλεγεί με γράφο αρχικής κατάστασης, θα αποτυπώσει τον κοινωνικό γράφο χωρίς ακμές, καθώς δεν πραγματοποιήθηκε κάποια μεταβολή και αφαίρεση ακμών, άρα δεν αφαιρέθηκαν και ακμές, οι κόκκινες ακμές.

- «Isolated Members»: Με δεδομένο το αρχείο που έχει εισαχθεί στο δεύτερο Input, που εμφανίζεται στο δεξιά κελί, αποτυπώνεται ο κοινωνικός γράφος των μαθητών του παρόντος τύπου που γίνεται η επιλογή του συγκεκριμένου κουμπιού. Στην εν λόγω επιλογή, υπογραμμίζονται οι κορυφές που είναι απομονωμένες από τον υπόλοιπο κοινωνικό γράφο, δηλαδή χαρακτηρίζονται από  $\text{deg}(u) = 0$  με  $u$  να αποτελούν κορυφές του κοινωνικού γράφου. Επιπλέον δε, απομονωμένες αποτελούν και οι κορυφές, των οποίων στην τελική κατάσταση έχουν όλες τις συνδεδεμένες με αυτές ακμές κόκκινες, δηλαδή έχουν αφαιρεθεί. Αποτυπώνονται με μπλε περίγραμμα και εμφανίζονται μόνο αυτές, ενώ οι υπόλοιπες κορυφές, που χαρακτηρίζονται από τουλάχιστον μία ακμή σχέσης, κρύβονται, αποκτώντας τιμή χαρακτηριστικού «opacity» ίση με 0. Λειτουργεί και παράγει αποτελέσματα, ανεξαρτήτως για το εάν στο 2ο Input, είχε εισαχθεί κοινωνικός γράφος αρχικής ή τελικής κατάστασης.
- «Communities»: Με δεδομένο το αρχείο που έχει εισαχθεί στο δεύτερο Input, που εμφανίζεται στο δεξιά κελί, αποτυπώνεται ο κοινωνικός γράφος των μαθητών του παρόντος τύπου που γίνεται η επιλογή του συγκεκριμένου κουμπιού. Επισημαίνεται ότι εάν το 2ο αρχείο που εισήχθη, είναι αρχικής κατάστασης, οπότε και δεν είναι ορισμένες οι κοινότητες στο αντίστοιχο .json αρχείο, παρουσιάζεται ένα τύπου alert μήνυμα ότι δεν έχουν οριστεί κοινότητες για το αρχείο. Σε αντίθετη περίπτωση, στην εν λόγω επιλογή, οι κορυφές του κοινωνικού δικτύου αλλάζουν χρώμα και αποκτούν το χρώμα που υποδεικνύεται από το .json αρχείο. Επιπλέον δε, οι απομονωμένες κορυφές αποκτούν μαύρο χρώμα και αποτελούν μεμονωμένες περιπτώσεις. Η λειτουργία Communities, υποδεικνύει τις κλίκες του κοινωνικού γράφου για δεδομένο τύπο κοινωνικών σχέσεων και έχουν υπολογιστεί με τη βοήθεια του Python3 προγράμματος, έχοντας αξιοποιήσει τους αλγορίθμους Modularity Maximization και Girvan-Newman, λαμβάνοντας ανά περίπτωση και τύπο κοινωνικό γράφο την υλοποίηση με την καλύτερη απόδοση.
- «Reset»: Αποτελεί το τελευταίο κουμπί, που σε κάθε περίπτωση, επαναφέρει τους κοινωνικούς γράφους στην αρχική τους κατάσταση. Έχοντας κρατήσει το τελευταίο πάτημα του τύπου κοινωνικού γράφου που θέλει ο χρήστης να εξετάσει, με το εν λόγω κουμπί, επιστρέφει στον τελευταίο αυτόν τύπο κοινωνικού γράφου που είχε επιλεγεί.

Για λόγους πληρότητας και κατανόησης της θέσης και του ακριβούς συνόλου κουμπιών στο οποίο πραγματοποιήθηκε η αναφορά, παρατίθεται σχετική εικόνα επεξήγησης και αποτελεί

η Εικόνα 5.7. Τέλος, στο HTML αρχείο, εμφανίζονται δύο μεγάλα κελιά, τα οποία διαδραμα-



Εικόνα 5.7: Μία φωτογραφία με τα κουμπιά, με την χρήση των οποίων μπορεί να φιλτράρει τον δεξιό κοινωνικό γράφο που αναπαρίσταται.

τίζουν επεξηγηματικό ρόλο και προσφέρουν δυνατότητα σύγκρισης μετρικών των κοινωνικών γράφων. Το ένα κελί, έχει τίτλο «Color Representation» και στόχο έχει την επεξήγηση των χρωμάτων των ακμών, τον ρόλο που διαδραματίζουν και μία περιγραφή του σκοπού που έχουν αναλάβει να διαδραματίσουν. Το δεύτερο κελί, αποτελεί πίνακα και χαρακτηρίζεται από δυναμικότητα, καθώς περιλαμβάνει τις τιμές που πετυχαίνει τόσο ο 1ος όσο και 2ος κοινωνικός γράφος, ανάλογα κάθε φορά με τον υπό εξέταση τύπο κοινωνικού γράφου (Preference, Perception Preference, Rejection, Perception Rejection) σε 11 μετρικές ομοιότητας των γράφων. Οι μετρικές αυτές αποτελούν ο δείκτης συσχέτισης, ο δείκτης διάστασης, ο συνολικός δείκτης αμοιβαιότητας, ο δείκτης κοινωνικής μετάβασης, ο δείκτης μεταβατικότητας, η πυκνότητα, η μέση συντομότερη διαδρομή γράφου, η διάμετρος γράφου, το ποσοστό των απομονωμένων μελών, ο δείκτης ευρωστίας κόμβου και ο δείκτης σιβαρότητας ακμών. Ενώ επίσης, στον πίνακα επισημαίνεται η επί τοις εκατό μεταβολή της μετρικής, συγκρίνοντας τους δύο γράφους από τα δύο αρχεία, του πρώτου και του δεύτερου αρχείου πάνω στον υπό εξέταση τύπο κοινωνικού γράφου. Για λόγους πληρότητας και κατανόησης της θέσης και του ακριβούς αντικειμένου στο οποίο πραγματοποιήθηκε η αναφορά, παρατίθενται σχετικές εικόνες επεξήγησης και αποτελούν οι τελευταίες δύο φωτογραφίες αυτού του κεφαλαίου και βρίσκονται αμέσως παρακάτω.

## 5.4 Παραγόμενο αποτέλεσμα

Για την ολοκληρωμένη παραγωγή μελλοντικών προβλέψεων και εξόρυξη νέων γνώσεων, χρήσιμων για την λήψη ορθών αποφάσεων, ο υποψήφιος χρήστης, είτε δάσκαλος είτε καθηγητής, είναι απαραίτητο να προχωρήσει στην εκτέλεση τόσο του Python3 κώδικα όσο και του παραπάνω προγράμματος όπως περιγράφηκε αναλυτικώς. Από τον συνδυασμό αυτόν, θα μπορέσει ο χρήστης να πραγματοποιήσει τις απαραίτητες συγκρίσεις, να ενημερωθεί για τυχόν κινδύνους που απειλούν την εύρυθμη λειτουργία της τάξης και με εφόδιο και την εκπαιδευτική και παιδαγωγική του εμπειρία, να προχωρήσει με υπευθυνότητα στις απαραίτητες ενέργειες, που οι περιστάσεις θα απαιτήσουν.

**Color Representation**

**Red: Represents removed edges.**  
The edges with red color, indicate edges that have been removed. They were present at the beginning of the simulation and removed in the final state.

**Green: Represents added edges.**  
The edges with green color, indicate edges that have been added. They weren't present at the beginning of the simulation and appeared finally in the final state.

**Yellow: Represents edges that appear only in first social graph.**  
Edges in yellow indicate edges that appear in one of the two social graphs, more specifically the left one. In other words, from the comparison made between the edges of the two social graphs, the yellow ones appear only on the left social graph and not on the right.

**Purple: Represents edges that appear only in second social graph.**  
Edges in purple indicate edges that appear in one of the two social graphs, more specifically the right one. In other words, from the comparison made between the edges of the two social graphs, the purple ones appear only on the right social graph and not on the left.

**Cornflower Blue: Represents common edges in two social graphs.**  
Edges in cornflower blue indicate edges that appear in both social graphs. In other words, from the comparison made between the edges of the two social graphs, the cornflower blue ones appear in both social graphs and constitute the intersection of these two. For completeness, they are captured in both social graphs.

**Grey: Represents untouched edges.**  
Edges in grey color, are those that have remain untouched, at every time. Exist both in the past and in present time.

Certain Comparisons Between Right and Left Social Graphs  
None

Εικόνα 5.8: Μία φωτογραφία του πίνακα με τις αναπαραστάσεις των χρωμάτων, όπως εμφανίζονται στους οπτικοποιημένους κοινωνικούς γράφους. Επεξηγήσεις χρήσης των χρωμάτων στην ελληνική γλώσσα.

**Table with Graph Similarity Scores:**

Members	24	
Association index before:	0.6078431372549019	
Association index after:	0.27898550724637683	-54.102384291725095% ↘
Dissociation index before:	0.3921568627450981	
Dissociation index after:	0.7210144927536232	83.85869565217388% ↗
Overall reciprocity index before:	2	
Overall reciprocity index after:	2	0% →
Social intensity index before:	10.333333333333334	
Social intensity index after:	6.416666666666667	-37.903225806451616% ↘
Transitivity before:	1.1470173790511977	
Transitivity after:	1.2699115044247788	10.714233944322451% ↗
Density before:	0.6078431372549019	
Density after:	0.27898550724637683	-54.102384291725095% ↘
Average shortest path before:	3.6872964169381106	
Average shortest path after:	11.48855253790328	211.57116865161723% ↗
Diameter before:	3	
Diameter after:	4	33.333333333333336% ↗
Isolated members before (percentage):	0.05555555555555555	
Isolated members after (percentage):	0.25	350.00000000000006% ↗
Node Robustness before :	18	
Node Robustness after :	24	33.333333333333336% ↗
Edge Robustness before :	438	
Edge Robustness after :	434	-0.91324200913242% ↘

Εικόνα 5.9: Μία φωτογραφία του πίνακα με τις βαθμολογίες μετρικών ομοιότητας των κοινωνικών γράφων, όπως εμφανίζονται πριν (1ο αρχείο) και μετά (2ο αρχείο), με τις επί τους εκατό μεταβολές των τιμών τους.



Μέρος **III**

**Επίλογος**

---





## Κεφάλαιο 6

### Επίλογος

---

#### 6.1 Συμπεράσματα

Το παραγόμενο συστήματα για την πρόβλεψη των μελλοντικών κοινωνικών και συναισθηματικών σχέσεων και την εύρεση κοινοτήτων, χαρακτηρίζεται από βασικούς αλγοριθμικούς κορμούς και συναρτήσεις, πάνω στα οποία μπορεί να γίνει τόσο πρόβλεψη για το μέλλον, με μεγάλες τιμές ακρίβειας και αξιοπιστίας, όσο και παροχή πολλαπλών δυνατοτήτων, σε επίπεδο οπτικοποίησης, φιλτραρίσματος στην αναπαράσταση των κοινωνικών γράφων και συγκρίσεις. Το εν λόγω σύστημα, αποτέλεσε βασική ανάγκη και που προέκυψε, λόγω της επιθυμίας για αποτροπή παραβατικών κοινωνικών συμπεριφορών, πρόληψη ανεπιθύμητων καταστάσεων εντός του σχολικού περιβάλλοντος, αλλά και της επιθυμίας για προώθηση της ομόνοιας, του αμοιβαίου σεβασμού και της ομαδικότητας.

Στο σύστημα αυτό, κάθε κόμβος εκπροσωπεί έναν μαθητή μίας δεδομένης τάξης, και περιέχει ένα σύνολο δεδομένων από πίσω του, περιλαμβάνοντας τιμές όπως είναι η ηλικία, το φύλο, το όνομα και την ταυτότητά του. Το σύστημα που έχει προταθεί στην παρούσα διπλωματική εργασία, παρέχει ευελιξία, για να είναι δυνατή, μεταξύ άλλων, η αναζήτηση πληροφορίας των μαθητών της τάξης, η προσαρμογή στις πολιτισμικές και γλωσσικές ανάγκες της εκάστοτε κοινωνίας, η πρόβλεψη των πιθανών μελλοντικών κοινωνικών και συναισθηματικών σχέσεων με τη βοήθεια της Μηχανικής Μάθησης (Machine Learning), κάθε τύπου, δηλαδή Προτίμησης, Εκτίμησης Προτίμησης, Απόρριψης και Εκτίμησης Απόρριψης. Η Μηχανική Μάθηση, έρχεται να συνδράμει με τον τρόπο της και με τη χρήση ταξινομητών, προκειμένου με ικανοποιητικές τιμές ακρίβειας και μετρικών επιτυχίας, να προβλέψει τις πιθανές σχέσεις στο μέλλον μεταξύ των μαθητών, γεγονός που αποτελεί ριζική τομή στον τομέα της λήψης αποφάσεων, με κατεύθυνση προς τα θετικά. Και με γνώμονα την αξιοπιστία, την ακρίβεια και την υφιστάμενη εκπαίδευση, να είναι σε θέση ο χρήστης, δηλαδή ο εκπαιδευτικός, να έχει στο πλάι του, έναν χρήσιμο "σύμβουλο", σε έναν πολύ βασικό κοινωνικό τομέα, αυτόν της εκπαίδευσης. Και έχοντας λάβει τα προβλεπόμενα αποτελέσματα, να μπορεί ο εκπαιδευτικός να χρησιμοποιήσει ένα φιλικό προς τον χρήστη περιβάλλον εργασίας, μέσω του οποίου να μπορέσει να πραγματοποιήσει την δική του έρευνα, να κάνει τις απαραίτητες συγκρίσεις, να μελετήσει, να κατανοήσει καλύτερα τις συναισθηματικές συνθήκες που επικρατούν στην τάξη του.

Η συνεισφορά της παρούσας διπλωματικής εργασίας έχει δύο σκέλη. Το πρώτο αφορά τη δημιουργία ενός πλήρους κώδικα, ανεξαρτήτως γλώσσας προγραμματισμού, αλλά σε επίπεδο

ανάλυσης και απόδοσης, επιλέχθηκε αυτή της Python3, που παρέχει :

- την υποδομή για την υποδοχή και παραγωγή αρχείων,
- ευριστικών συναρτήσεων για την εύρεση των κοινωνικών και συναισθηματικών "άποστάσεων" κορυφών, εδώ μαθητών,
- εισαγωγή μοντέλων Μηχανικής Μάθησης, για καλύτερη και αποδοτικότερη πρόβλεψη μελλοντικών καταστάσεων,
- δυνατότητα επικαιροποίησης των κοινωνικών σχέσεων, αλλά και δυνατότητας επιλογής εποχών επανάληψης μετρήσεων, προκειμένου να είναι εφικτή η παρακολούθηση των κοινωνικών σχέσεων είτε βραχυπρόθεσμα είτε μακροπρόθεσμα
- ειδικές συναρτήσεις και αλγορίθμους, για την εύρεση μελλοντικών κοινοτήτων με τιμές ακρίβειας σε κλίμακα 0 - 1, τάξης 0.85 έως 0.93, όπως προκύπτουν από το τρέξιμο του αλγορίθμου σε γλώσσα προγραμματισμού Python3.

Το δεύτερο σκέλος αφορά το γεγονός ότι το συγκεκριμένο σύστημα προσφέρει μια σχετική ευελιξία οπτικοποίησης των κοινωνικών γράφων, μέσω ενός προγράμματος περιήγησης, επιλέχθηκε κατά προτίμηση μεταξύ άλλων το Microsoft Edge, ως προς την επιλογή του σχήματος και τρόπου αποτύπωσης των κοινωνικών γράφων, μέσα στα πλαίσια τύπου SVG. Ταυτόχρονα το πρόγραμμα περιήγησης, προσφέρει δυνατότητες μετάφρασης και είναι διαθέσιμο σε 16 γλώσσες, κουμπιά για αποτύπωση όλων των τύπων κοινωνικών και συναισθηματικών σχέσεων, φίλτρα των ακμών και συγκρίσεις διαφόρων ειδών κοινωνικών γράφων, παραθέτοντας τις ομοιότητες και διαφορές που οι κοινωνικοί γράφοι μεταξύ τους έχουν.

Συγκεκριμένα, τα σχήματα των κοινωνικών γράφων μπορεί να είναι ελεύθερης μορφής ή ακτινικής μορφής. Οποιασδήποτε μορφής και αν είναι, έπειτα, υπάρχουν κουμπιά, κατά τα οποία μπορεί να αποτυπωθεί ο εξεταζόμενος τύπος κοινωνικού γράφου, ενώ επιπλέον υπάρχουν φίλτρα των ακμών, των απομονωμένων κορυφών και των κοινοτήτων. Επιπλέον, παρέχεται η δυνατότητα ελέγχου και σύγκρισης κοινωνικών γράφων στα δύο πλαίσια οπτικοποίησης, καθώς και πίνακες, που διαδραματίζουν τόσο επεξηγηματικό ρόλο, όπως η περίπτωση του πλαισίου χρωματικής επεξήγησης, όσο και συγκριτικό – ενημερωτικό ρόλο, όπως η περίπτωση του πίνακα σύγκρισης μετρικών ομοιότητας. Εν συνόλω, παρέχεται ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον εργασίας, στο οποίο μπορεί να γίνει ανάλυση και πραγματική, επιστημονική έρευνα από τον υποψήφιο χρήστη.

Συμπερασματικά το σύστημα που αναπτύχθηκε στα πλαίσια αυτής της διπλωματικής είναι ένα πλήρες σύστημα διαχείρισης και οπτικοποίησης κοινωνικών και συναισθηματικών γράφων σε διαφορετικούς τρόπους αναπράστασης, το οποίο καθιστά δυνατή την αναζήτηση της πληροφορίας με ένα διαφορετικό τρόπο απ' ότι στα προϋπάρχοντα συστήματα. Ενώ αποτελεί πρωτοπορία το γεγονός, πως αποτελεί ένα πρώτο επίσημο, ανοιχτού κώδικα project, που έρχεται να ενισχύσει τόσο τον επιστημονικό τομέα ανάλυσης κοινωνικών δικτύων, όσο και τον εκπαιδευτικό τομέα σε διεθνές επίπεδο.

## 6.2 Μελλοντικές Επεκτάσεις

Το σύστημα που αναπτύχθηκε στα πλαίσια αυτής της διπλωματικής εργασίας θα μπορούσε να βελτιωθεί και να επεκταθεί περαιτέρω, τουλάχιστον ως προς τρεις κατευθύνσεις. Συγκεκριμένα, αναφέρονται τα ακόλουθα:

- Περισσότερη εκπαίδευση. Είναι γεγονός πως το σύστημα και ο τομέας πάνω στον οποίο δραστηριοποιείται η παρούσα εργασία, δηλαδή η εφαρμογή Τεχνητής Νοημοσύνης (Artificial Intelligence) και Μηχανικής Μάθησης, δεν έχει επεκταθεί ευρέως ακόμα, γεγονός που αφήνει πολλά περιθώρια βελτιώσεων, εξελίξεων και παραγωγής πιο εξελιγμένων μοντέλων. Αυτό που προτείνεται, είναι να συνδεθεί το παρόν σύστημα με βάσεις δεδομένων, που περιέχουν, κατά απόρρητο τρόπο για την ασφάλεια των προσωπικών δεδομένων, κοινωνικούς γράφους, αντιπροσωπεύοντας σχολικές τάξεις, τόσο πρωτοβάθμιας όσο και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Με τη διασύνδεση Βάσης δεδομένων και Μηχανικής Μάθησης, τα εμπλεκόμενα μοντέλα του συστήματος, θα έχουν υποστεί περισσότερη εκπαίδευση, και συνεπώς, έχοντας εκπαιδευτεί σε μεγαλύτερο όγκο δεδομένων, θα έχουν “μάθει” καλύτερα και θα επιτυγχάνουν καλύτερη ανάλυση, μεγαλύτερη ακρίβεια και πιο εύστοχες παρατηρήσεις και συμβουλές προς τους χρήστες, τους καθηγητές και εκπαιδευτικούς.
- Σύνδεση με ερωτηματολόγια και ανάλυση των κοινωνικών και συναισθηματικών στοιχείων. Η Συναισθηματική Νοημοσύνη Emotional Intelligence (EI) και η Κοινωνική Συναισθηματική Νοημοσύνη Collective Emotional Intelligence (CEI) συνιστούν επιστημονικοί τομείς που βρίσκονται σε πρώιμο στάδιο και που δυναμικά εξελίσσονται. Αναπτύχθηκαν πρόσφατα και προς το παρόν, δεν έχουν αποκτήσει στέρεες βάσεις, ως προς τον κοινώς αποδεκτό ορισμό βασικών εννοιών των πεδίων αυτών. Η εγκυρότητα δε, της δομής της Συναισθηματικής Νοημοσύνης έχει συζητηθεί επίμαχα, καθώς οι υπάρχουσες προσεγγίσεις εξετάζουν τη Συναισθηματική Νοημοσύνη από διαφορετικές οπτικές γωνίες και υπάρχει έλλειψη σαφήνειας σχετικά με τον τρόπο με τον οποίο η Συναισθηματική Νοημοσύνη θα πρέπει να οριστεί και/ή να μετρηθεί κατάλληλα [8]. Ενώ επιπλέον, όλες οι υλοποιήσεις που έχουν πραγματοποιηθεί, θέτουν πως όλα τα κοινωνικά και συναισθηματικά χαρακτηριστικά ενός ανθρώπου, διαδραματίζουν ισοδύναμο ρόλο. Μία βελτίωση που μπορεί να γίνει, κατόπιν ενδεδειγμένης έρευνας και συνεργασίας επιστημονικών τομέων ψυχολογίας και κοινωνιολογίας, είναι μέσα από ερωτηματολόγια και με ανάλυση των κοινωνικών και συναισθηματικών χαρακτηριστικών των ανθρώπων, να επιτευχθεί ένας πιο ρεαλιστικός τρόπος κατανόησης και εφαρμογής της βαρύτητας, που κάθε στοιχείο συμπεριφοράς, διαδραματίζει στη διαμόρφωση κοινωνικών και συναισθηματικών σχέσεων ανάμεσα στους ανθρώπους, για κάθε τύπο σχέσης που οι άνθρωποι έχουν.
- Αξιολόγηση του συστήματος ως προς τη συμπεριφορά του αν συμμετέχει σε αυτό μεγάλος αριθμός μαθητών και δυνατότητα επέκτασης του συστήματος σε μεγάλα πλήθη μαθητών, αντάξια να εκπροσωπήσουν και καλύψουν έναν κοινωνικό γράφο τριτοβάθμιας εκπαίδευσης. Η αξιολόγηση αυτή αφορά την ταχύτητα με την οποία ένας κοι-

νωνικός γράφος δίνει απαντήσεις και αντιδρά γρήγορα στις απαιτήσεις του χρήστη, επηρεάζοντας επίσης και την ποιότητα των απαντήσεων. Βελτιώσεις μπορούν να πραγματοποιηθούν στο να εφαρμοστούν γρήγορες τεχνικές και προσεγγίσεις, ούτως ώστε να μπορούν ακόμα και κοινωνικοί γράφοι φοιτητών και γενικότερα τριτοβάθμιας εκπαίδευσης, να δύναται να αναλυθούν με γρήγορο και αποδοτικό τρόπο.

# Παραρτήματα

---



## Απόδειξη Σχέσης 1

---

Στο κεφάλαιο αυτό πραγματοποιείται η απόδειξη της ισχύουσας σχέσης  $\sum_{(v \in V(G))} (d(v)) = 2 * |E|$  (Σχέση 1), που αποτελεί και η Σχέση 1 της παρούσας διπλωματικής αναφοράς. Επισημαίνεται πως κατά τη χρήση των συμβολισμών, τα  $d$  και  $deg$ , αποτελούν το ίδιο ακριβώς πράγμα και αφορούν τους βαθμούς των κορυφών.

### A'.1 Απόδειξη από πηγή

Σύμφωνα με την πηγή [28], η απόδειξη έχει ως εξής :

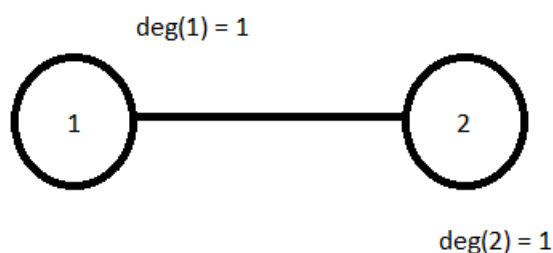
«When summing the degrees of the vertices of  $G$ , each edge of  $G$  is counted twice, once for each of its two incident vertices.»

Απλή, άμεση απόδειξη της σχέσης, η οποία ταυτόχρονα υποδεικνύει το γεγονός, ότι το άθροισμα των βαθμών όλων των κορυφών σε ένα γράφημα, είναι πάντοτε άρτιο. Ανεξαρτήτως το πλήθους  $|E|$ , αφού  $2 * |E|$  είναι άρτιος και  $\sum_{(v \in V(G))} (d(v)) = 2 * |E|$ , έπεται πως το  $\sum_{(v \in V(G))} (d(v))$  είναι και αυτό πάντα άρτιο.

### A'.2 Περαιτέρω ανάλυση

Θα πραγματοποιηθεί μία περαιτέρω ανάλυση της σχέσης 1 της παρούσας διπλωματικής εργασίας, χρησιμοποιώντας το μαθηματικό εργαλείο της “μαθηματικής επαγωγής”. Πιο συγκεκριμένα, έχουμε τα εξής:

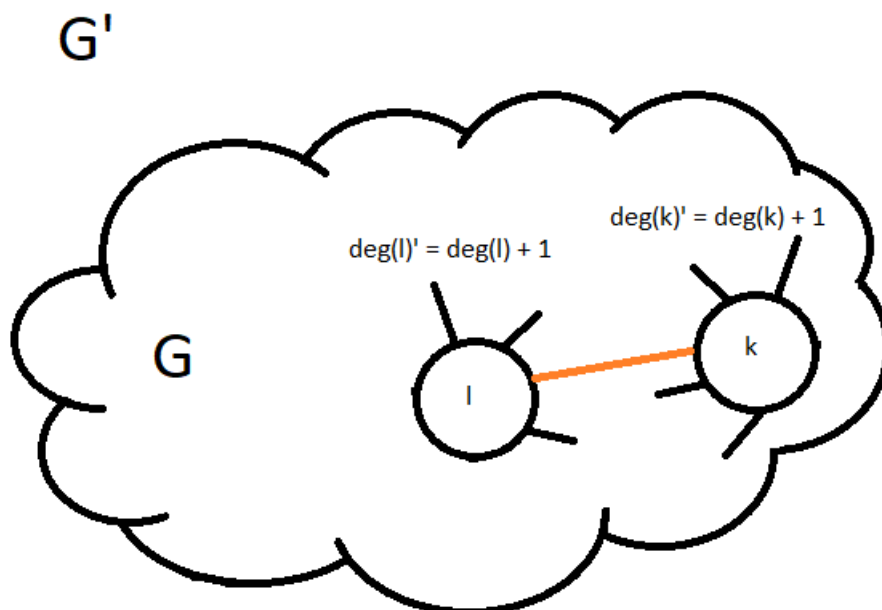
- **Βασικό βήμα:** Εξετάζω εάν ισχύει για την περίπτωση που το  $m = 1$ . Η περίπτωση αυτή μοναδικά, περιλαμβάνει δύο κορυφές και μία ακμή, όπως υποδεικνύεται και στην συνοδευόμενη φωτογραφία Όπως φαίνεται, ο βαθμός της κορυφής 1 ισούται με 1, όπως και ο βαθμός της κορυφής 2 επίσης ισούται με 1. Άρα, έχουμε ότι  $\sum_{(v \in V(G))} (d(v)) = deg(1) + deg(2) = 1 + 1 = 2$ . Επιπλέον, το πλήθος των ακμών  $|E|$ , ισούται με  $|E| = 1$  αφού είναι μία ακμή. Άρα και  $2 * |E| = 2 * 1 = 2$ . Πράγματι,  $\sum_{(v \in V(G))} (d(v)) = 2 * |E|$
- **Επαγωγική υπόθεση:** Υποθέτουμε ότι η πρόταση είναι αληθής για κάποιο  $m = n$ , με  $n \geq 1$ .
- **Επαγωγικό βήμα:** Στο επαγωγικό βήμα, καλούμαστε να αποδείξουμε πως εφόσον ισχύει για  $m = n$ , τότε θα ισχύει και για  $m = n + 1$ . Αυτό σημαίνει πως θα εξετάσω, για



Σχήμα Α'.1: Η μοναδική περίπτωση γράφου, που έχει μία ακμή.

δεδομένο γράφο  $G$ , όπου ισχύει ότι  $\sum_{(v \in V(G))} (d(v)) = 2 * |E|$ , τι συμβαίνει με προσθήκη μίας νέας ακμής. Οι περιπτώσεις που εντοπίζονται είναι δύο και αποτελούν οι εξής:

- Προσθήκη ακμής ανάμεσα σε δύο υπάρχουσες κορυφές: Σε αυτή την περίπτωση, ο αρχικός δεδομένος γράφος  $G$  μετατρέπεται σε  $G'$  και αυτό καθώς ανάμεσα στις κορυφές  $k$  και  $l$ , εισέρχεται η νέα προστιθέμενη ακμή. Έτσι, στον  $G'$  γράφο, υπάρχουν τώρα σε πλήθος  $|E'| = |E| + 1$  (1), ενώ για τις κορυφές  $k$  και  $l$ , ισχύει πως  $deg(k)' = deg(k) + 1$  και  $deg(l)' = deg(l) + 1$ . Ενώ για τα υπόλοιπα, ισχύει πως  $deg(1)' = deg(1)$ ,  $deg(2)' = deg(2)$ , ...,  $deg(n)' = deg(n)$



Σχήμα Α'.2: Πρώτη περίπτωση προσθήκης ακμής σε υπάρχον γράφημα πλήθους  $|E|$  ακμών.

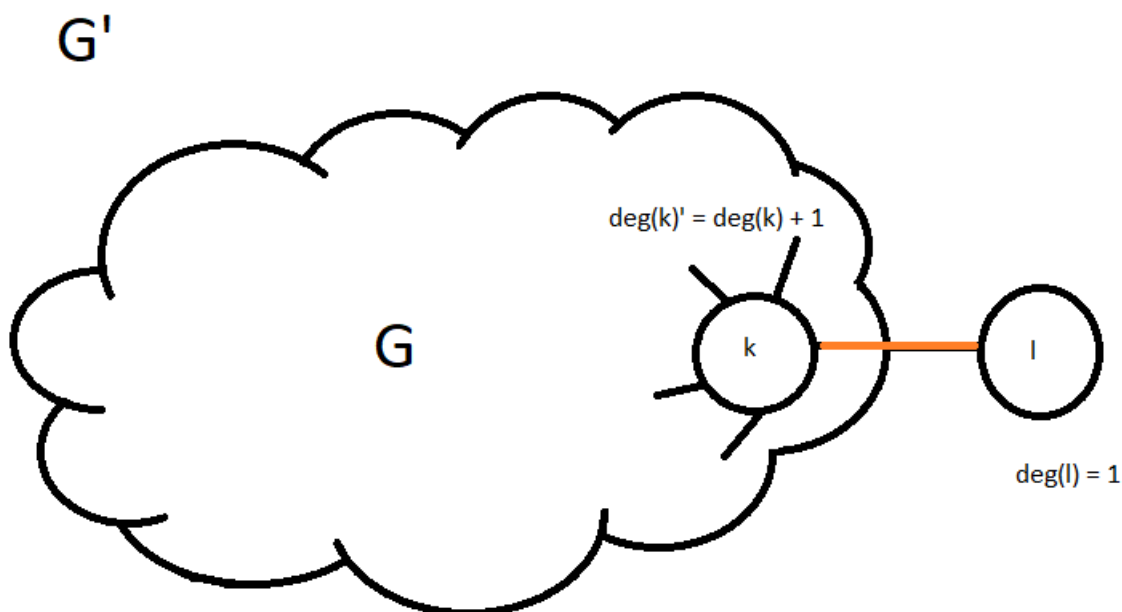
Επομένως τώρα, ισχύει πως :  $\sum_{(v \in V(G'))} (d(v)) = deg(1)' + \dots + deg(k)' + deg(l)' + \dots + deg(n)' = deg(1) + \dots + deg(k) + 1 + deg(l) + 1 + \dots + deg(n)$ . (2) Όμως, το άθροισμα  $deg(1) + \dots + deg(k) + deg(l) + \dots + deg(n)$  ισούται με το  $\sum_{(v \in V(G))} (d(v))$ , για το οποίο, από επαγωγική υπόθεση, ισχύει πως  $\sum_{(v \in V(G))} (d(v)) = 2 * |E|$ . (3)



Έτσι,λοιπόν, έχουμε ότι από (2) και (3), συνεπάγεται πως:  $\sum_{(v \in V(G'))}(d(v)) = 2 * |E| + 1 + 1 = 2 * |E| + 2 = 2 * (|E| + 1)$ .

Αλλά από (1), το  $|E| + 1$  ισούται με το  $|E'|$  που είναι το πλήθος των ακμών στο  $G'$ , άρα και τελικώς, προκύπτει ότι  $\sum_{(v \in V(G'))}(d(v)) = 2 * |E'|$ , πρόταση η οποία υποδεικνύει πως η εξίσωση  $\sum_{(v \in V(G))}(d(v)) = 2 * |E|$  ισχύει και για  $m = n + 1$

- Προσθήκη ακμής και κορυφής: Σε αυτή την περίπτωση, ο αρχικός δεδομένος γράφος  $G$  μετατρέπεται σε  $G'$  και αυτό καθώς ανάμεσα σε υπάρχουσα κορυφή  $k$  και σε νέα κορυφή, έστω η  $l$ , εισέρχεται η νέα προστιθέμενη ακμή. Έτσι, στον  $G'$  γράφο, υπάρχουν τώρα σε πλήθος  $|E'| = |E| + 1$  (1), ενώ για τις κορυφές  $k$  και  $l$ , ισχύει πως  $deg(k)' = deg(k) + 1$  και  $deg(l) = 1$ . Ενώ για τα υπόλοιπα, ισχύει πως  $deg(1)' = deg(1), deg(2)' = deg(2), \dots, deg(n)' = deg(n)$



Σχήμα Α.3: Δεύτερη περίπτωση προσθήκης ακμής σε υπάρχον γράφημα πλήθους  $|E|$  ακμών.

Επομένως τώρα, ισχύει πως:  $\sum_{(v \in V(G'))}(d(v)) = deg(1)' + \dots + deg(k)' + deg(l)' + \dots + deg(n)' = deg(1) + \dots + deg(k) + 1 + 1 + \dots + deg(n)$ . (2) Όμως, το άθροισμα  $deg(1) + \dots + deg(k) + \dots + deg(n)$  ισούται με το  $\sum_{(v \in V(G))}(d(v))$ , για το οποίο, από επαγωγική υπόθεση, ισχύει πως  $\sum_{(v \in V(G))}(d(v)) = 2 * |E|$ . (3)

Έτσι,λοιπόν, έχουμε ότι από (2) και (3), συνεπάγεται πως:  $\sum_{(v \in V(G'))}(d(v)) = 2 * |E| + 1 + 1 = 2 * |E| + 2 = 2 * (|E| + 1)$ .

Αλλά από (1), το  $|E| + 1$  ισούται με το  $|E'|$  που είναι το πλήθος των ακμών στο  $G'$ , άρα και τελικώς, προκύπτει ότι  $\sum_{(v \in V(G'))}(d(v)) = 2 * |E'|$ , πρόταση η οποία υποδεικνύει πως η εξίσωση  $\sum_{(v \in V(G))}(d(v)) = 2 * |E|$  ισχύει και για  $m = n + 1$

Επομένως, έχοντας ικανοποιήσει τις συνθήκες της μαθηματικής επαγωγής, η εξίσωση αυτή, ισχύει σε κάθε περίπτωση πλήθους ακμών, για κάθε  $|E| \geq 1$ .



## Απόδειξη Σχέσης 2

Στο κεφάλαιο αυτό πραγματοποιείται η απόδειξη της ισχύουσας σχέσης  $\sum_{(v \in V)} (d(v))^+ = \sum_{(v \in V)} (d(v))^-$ , που αποτελεί και η Σχέση 2 της παρούσας διπλωματικής αναφοράς.

### B'.1 Ανάλυση και απόδειξη με μαθηματική επαγωγή

Θα πραγματοποιηθεί μία ανάλυση της σχέσης 2 της παρούσας διπλωματικής εργασίας, χρησιμοποιώντας το μαθηματικό εργαλείο της “μαθηματικής επαγωγής”. Πιο συγκεκριμένα, έχουμε τα εξής:

- **Βασικό βήμα:** Εξετάζω εάν ισχύει για την περίπτωση που το  $m = 1$ . Η περίπτωση αυτή μοναδικά, περιλαμβάνει δύο κορυφές και μία ακμή. Έστω γράφημα  $\Gamma = 1,2$  και ακμή  $e \in E$ . Η  $e$  μπορεί να είναι η  $(1, 2)$ , δηλαδή εκκίνηση από την κορυφή 1 και κατάληξη στην 2, ή η  $(2, 1)$ , δηλαδή εκκίνηση από την κορυφή 2 και κατάληξη στην 1.

Στην πρώτη περίπτωση, είναι  $\sum_{(v \in V)} (d(v))^+ = d(1) = 1$  και  $\sum_{(v \in V)} (d(v))^- = d(2) = 1$ , ισότητα. Στην δεύτερη περίπτωση, είναι  $\sum_{(v \in V)} (d(v))^+ = d(2) = 1$  και  $\sum_{(v \in V)} (d(v))^- = d(1) = 1$ , ισότητα. Και στις δύο περιπτώσεις, όπως φαίνεται, ισχύει ότι  $\sum_{(v \in V)} (d(v))^+ = \sum_{(v \in V)} (d(v))^-$ .

Πράγματι,  $\sum_{(v \in V)} (d(v))^+ = \sum_{(v \in V)} (d(v))^-$

- **Επαγωγική υπόθεση:** Υποθέτουμε ότι η πρόταση είναι αληθής για κάποιο  $m = n$ , με  $n \geq 1$ .
- **Επαγωγικό βήμα:** Στο επαγωγικό βήμα, καλούμαστε να αποδείξουμε πως εφόσον ισχύει για  $m = n$ , τότε θα ισχύει και για  $m = n + 1$ . Αυτό σημαίνει πως θα εξετάσω, για δεδομένο γράφο  $G$ , όπου ισχύει ότι  $\sum_{(v \in V)} (d(v))^+ = \sum_{(v \in V)} (d(v))^-$ , τι συμβαίνει με προσθήκη μίας νέας προσανατολισμένης ακμής. Οι περιπτώσεις που εντοπίζονται είναι δύο και αποτελούν οι εξής:

- Προσθήκη προσανατολισμένης ακμής ανάμεσα σε δύο υπάρχουσες κορυφές: Σε αυτή την περίπτωση, ο αρχικός δεδομένος γράφος  $G$  μετατρέπεται σε  $G'$  και αυτό καθώς ανάμεσα στις κορυφές  $k$  και  $l$ , εισέρχεται η νέα προστιθέμενη προσανατολισμένης ακμή. Έτσι, στον  $G'$  γράφο, υπάρχουν τώρα σε πλήθος  $|E'| = |E| + 1$  (1). Αυτό που μπορεί να συμβεί, είναι να προστεθεί η ακμή ως  $(k,l)$  δηλαδή με

εκκίνηση από το  $k$  και πέρας το  $l$ , ή ως  $(l,k)$  δηλαδή με εκκίνηση από το  $l$  και πέρας το  $k$ . Θα αποδειχθεί για  $(k,l)$ , ενώ ακριβώς ίδια απόδειξη είναι και για  $(l,k)$ . Με προσθήκη της ακμής  $(k,l)$ , τότε για τις κορυφές  $k$  και  $l$ , ισχύει πως  $deg(k)^{+'} = deg(k)^+ + 1$  και  $deg(l)^{-'} = deg(l)^- + 1$ . Ενώ για τα υπόλοιπα, ισχύει πως  $deg(1)^{+'} = deg(1)^+, deg(1)^{-'} = deg(1)^-, deg(2)^{+'} = deg(2)^+, deg(2)^{-'} = deg(2)^-, \dots, deg(n)^{+'} = deg(n)^+, deg(n)^{-'} = deg(n)^-$

Επομένως τώρα, ισχύει πως:  $\sum_{(v \in V)} (d(v))^+ = deg(1)^{+'} + \dots + deg(k)^{+'} + deg(l)^{+'} + \dots + deg(n)^{+'} = deg(1)^+ + \dots + deg(k)^+ + 1 + deg(l)^+ + \dots + deg(n)^+$  και  $\sum_{(v \in V)} (d(v))^- = deg(1)^{-'} + \dots + deg(k)^{-'} + deg(l)^{-'} + \dots + deg(n)^{-'} = deg(1)^- + \dots + deg(k)^- + deg(l)^- + 1 + \dots + deg(n)^-$ . (2) Όμως, το άθροισμα  $deg(1)^+ + \dots + deg(k)^+ + deg(l)^+ + \dots + deg(n)^+$  ισούται με το  $\sum_{(v \in V(G))} (d(v))^+$ , ενώ το άθροισμα  $deg(1)^- + \dots + deg(k)^- + deg(l)^- + \dots + deg(n)^-$  ισούται με το  $\sum_{(v \in V(G))} (d(v))^-$ . Για τα δύο αυτά, από επαγωγική υπόθεση, ισχύει πως  $\sum_{(v \in V)} (d(v))^+ = \sum_{(v \in V)} (d(v))^-$ . (3)

Έτσι,λοιπόν, έχουμε ότι από (2) και (3), συνεπάγεται πως:  $\sum_{(v \in V(G'))} (d(v))^+ = \sum_{(v \in V(G))} (d(v))^+ + 1$  και  $\sum_{(v \in V(G'))} (d(v))^- = \sum_{(v \in V(G))} (d(v))^- + 1$ . Με  $\sum_{(v \in V)} (d(v))^+ = \sum_{(v \in V)} (d(v))^-$ , έπεται πως  $\sum_{(v \in V(G'))} (d(v))^+ = \sum_{(v \in V(G))} (d(v))^+ + 1 = \sum_{(v \in V(G))} (d(v))^- + 1 = \sum_{(v \in V(G'))} (d(v))^-$ , άρα η εξίσωση ισχύει και σε αυτή την περίπτωση, για  $m = n + 1$

Με ακριβώς ίδιο τρόπο, ισχύει και στην περίπτωση που κάναμε εισαγωγή της ακμής  $(l,k)$ .

- Προσθήκη ακμής και κορυφής: Σε αυτή την περίπτωση, ο αρχικός δεδομένος γράφος  $G$  μετατρέπεται σε  $G'$  και αυτό καθώς ανάμεσα σε υπάρχουσα κορυφή  $k$  και σε νέα κορυφή, έστω η  $l$ , εισέρχεται η νέα προστιθέμενη ακμή. Έτσι, στον  $G'$  γράφο, υπάρχουν τώρα σε πλήθος  $|E'| = |E| + 1$  (1). Αυτό που μπορεί να συμβεί, είναι να προστεθεί η ακμή ως  $(k,l)$  δηλαδή με εκκίνηση από το  $k$  και πέρας το  $l$ , ή ως  $(l,k)$  δηλαδή με εκκίνηση από το  $l$  και πέρας το  $k$ . Θα αποδειχθεί για  $(k,l)$ , ενώ ακριβώς ίδια απόδειξη είναι και για  $(l,k)$ . Με προσθήκη της ακμής  $(k,l)$ , τότε για τις κορυφές  $k$  και  $l$ , ισχύει πως  $deg(k)^{+'} = deg(k)^+ + 1$  και  $deg(l)^{-'} = 1$ . Ενώ για τα υπόλοιπα, ισχύει πως  $deg(1)^{+'} = deg(1)^+, deg(1)^{-'} = deg(1)^-, deg(2)^{+'} = deg(2)^+, deg(2)^{-'} = deg(2)^-, \dots, deg(n)^{+'} = deg(n)^+, deg(n)^{-'} = deg(n)^-$

Επομένως τώρα, ισχύει πως:  $\sum_{(v \in V)} (d(v))^+ = deg(1)^{+'} + \dots + deg(k)^{+'} + deg(l)^{+'} + \dots + deg(n)^{+'} = deg(1)^+ + \dots + deg(k)^+ + 1 + \dots + deg(n)^+$  και  $\sum_{(v \in V)} (d(v))^- = deg(1)^{-'} + \dots + deg(k)^{-'} + deg(l)^{-'} + \dots + deg(n)^{-'} = deg(1)^- + \dots + deg(k)^- + 1 + \dots + deg(n)^-$ . (2) Όμως, το άθροισμα  $deg(1)^+ + \dots + deg(k)^+ + \dots + deg(n)^+$  ισούται με το  $\sum_{(v \in V(G))} (d(v))^+$ , ενώ το άθροισμα  $deg(1)^- + \dots + deg(k)^- + \dots + deg(n)^-$  ισούται με το  $\sum_{(v \in V(G))} (d(v))^-$ . Για τα δύο αυτά, από επαγωγική υπόθεση, ισχύει πως  $\sum_{(v \in V)} (d(v))^+ = \sum_{(v \in V)} (d(v))^-$ . (3)

Έτσι,λοιπόν, έχουμε ότι από (2) και (3), συνεπάγεται πως:  $\sum_{(v \in V(G'))} (d(v))^+ = \sum_{(v \in V(G))} (d(v))^+ + 1$  και  $\sum_{(v \in V(G'))} (d(v))^- = \sum_{(v \in V(G))} (d(v))^- + 1$ . Με  $\sum_{(v \in V)} (d(v))^+ = \sum_{(v \in V)} (d(v))^-$ , έπεται πως  $\sum_{(v \in V(G'))} (d(v))^+ = \sum_{(v \in V(G))} (d(v))^+ + 1 = \sum_{(v \in V(G))} (d(v))^- + 1 = \sum_{(v \in V(G'))} (d(v))^-$ , άρα η εξίσωση ισχύει και σε αυτή την περίπτωση, για  $m = n + 1$

Με ακριβώς ίδιο τρόπο, ισχύει και στην περίπτωση που κάναμε εισαγωγή της ακμής  $(l,k)$ .

Επομένως, έχοντας ικανοποιήσει τις συνθήκες της μαθηματικής επαγωγής, η εξίσωση αυτή, ισχύει σε κάθε περίπτωση πλήθους ακμών, για κάθε  $|E| \geq 1$ .



## Βιβλιογραφία

---

- [1] Douglas B. West. *Introduction to Graph Theory, Second Edition*. 2η έκδοση, 2002, 2.
- [2] Douglas B. West. *Introduction to Graph Theory, Second Edition*. 2η έκδοση, 2002, 56-57.
- [3] Matthew O. Jackson. *The Friendship Paradox and Systematic Biases in perceptions and Social Norms*. 2017, 6.
- [4] David Easley και Jon Kleinberg. *Networks, Crowds, and Markets: Reasoning about a Highly Connected World*. 2010, 418.
- [5] Anany Levitin. *Introduction to the Design and Analysis of Algorithms*. 3η έκδοση, 2012, 30.
- [6] Ronald L. Rivest Clifford Stein Thomas H. Cormen, Charles E. Leiserson. *Introduction to Algorithms*. 3η έκδοση, 2009, 590.
- [7] *D3.js*. <https://d3js.org/>. Ημερομηνία πρόσβασης: 1-6-2023.
- [8] Symeon Papavassiliou Eleni Fotopoulou, Anastasios Zafeiropoulos. *EmoSocio: An open access sociometry-enriched Emotional Intelligence model*. 2021.
- [9] Èlia López Cassà Isaac Muro Guiu Symeon Papavassiliou Eleni Fotopoulou, Anastasios Zafeiropoulos. *Collective Emotional Intelligence and Group Dynamics Interplay: Can It Be Tangible and Measurable? IEEE Society Section: IEEE Systems, Man and Cybernetics Society Section*, 10(17):951 - 967, 2021.
- [10] E. Biggs, N.; Lloyd και R. Wilson. *Graph Theory*. Oxford university, Press.CS1, 1986.
- [11] A.L. Cauchy. *Recherche sur les polyèdres - premier mémoire*. Journal de l'Ecole Polytechnique, 1813, 66-86.
- [12] S. A. J. L'Huilier. *Mémoire sur la polyèdrométrie*. Annales de Mathématiques, 1861, 169-189.
- [13] A. Cayley. *Ueber die Analytischen Figuren, welche in der Mathematik Bäume genannt werden und ihre Anwendung auf die Theorie chemischer Verbindungen*. Berichte der deutschen Chemischen Gesellschaft, 1875, 1056-1059.
- [14] Richard J.Trudeau. *Introduction to Graph Theory*. 1993, 19.
- [15] J. A. Bondy και U. S. R. Murty. *GRAPH THEORY WITH APPLICATIONS*. 1976, 16.

- [16] J. A. Bondy και U. S. R. Murty. *GRAPH THEORY WITH APPLICATIONS*. 1976, 10.
- [17] Gregory Gutin Jørgen Bang-Jensen. *Digraphs Theory, Algorithms and Applications*. 2007, 4.
- [18] *What is the Social Graph?* <https://www.easytechjunkie.com/what-is-the-social-graph.htm>. Ημερομηνία πρόσβασης: 1-6-2023.
- [19] Stanley Wasserman και Katherine Faust. *Social Network Analysis: Methods and Applications*. 1994, 20-22.
- [20] Albert-László Barabási. *Network Science*. 2012, 26.
- [21] Robert A. Hanneman και Mark Riddle. *Introduction to Social Network Methods*. Τεχνική Αναφορά με αριθμό, 2005, 55.
- [22] C. H. Papadimitriou S. Dasgupta και U. V. Vazirani. *Algorithms*. 2006, 88.
- [23] Scott Murray. *Interactive Data Visualization for the Web*. 2η έκδοση, August 2017, 11, 411.
- [24] Jim Webber Ian Robinson και Emil Eifrem:. *Graph Databases*. 2η έκδοση, Ουνε 2015, 149.
- [25] Marco Bonzanini. *Mastering Social Media Mining with Python*. July 2016, 11.
- [26] Ken Cherven. *Network Graph Analysis and Visualization with Gephi*. 2η έκδοση, August 2017, 5.
- [27] Harvey Deitel Paul Deitel. *Εισαγωγή στην Python για τις Επιστήμες Υπολογιστών και Δεδομένων*. 2019, 16.
- [28] Gary Chartrand και Ping Zhang. *A First Course in Graph Theory*. 2012, 38.



## Συντομογραφίες - Αρκτικόλεξα - Ακρωνύμια

---

βλπ	βλέπε
κ.λπ.	και λοιπά
κ.ο.κ	και ούτω καθεξής
ΣΝ	Συναισθηματική Νοημοσύνη
CEI	Collective Emotional Intelligence
EI	Emotional Intelligence
AI	Artificial Intelligence
ML	Machine Learning



## Απόδοση ξενόγλωσσων όρων

---

### Απόδοση

ακμή  
ακρίβεια  
αμεταβλητότητα  
αποτέλεσμα  
απόρριψη  
αποτίμηση απόρριψης  
βάση δεδομένων  
βαθμός  
βαθμός εισόδου κορυφής  
βαθμός εξόδου κορυφής  
βρόγχος  
γνώρισμα  
γραφική διεπαφή χρήστη  
γράφημα ροής  
γραφική αναπαράσταση  
διάγραμμα ροής  
διαφορά  
διαχείριση κοινωνικών μέσων  
εγκυρότητα  
εισαγωγή  
εκπαιδευτής  
εκτίμηση απόρριψης  
εκτίμηση προτίμησης  
ένωση  
ημι-βαθμούς  
θέση  
ιστοσελίδα  
κεντρικότητες  
κοινωνικά δίκτυα  
κοινωνικό κριτήριο  
κοινωνικό γράφημα  
μαθητής  
ομοιότητα  
περιεχόμενο

### Ξενόγλωσσος όρος

edge  
accuracy  
idempotency  
score  
rejection  
perception of rejection  
database  
degree  
in-degree  
out-degree  
loop  
attribute  
graphic user interface  
flow-chart  
color representation  
flow-chart  
difference  
social media management  
validity  
input  
teacher  
perception of rejection  
perception of preference  
union  
semi-degrees  
position  
website  
centralities  
social media  
social criterion  
social network  
classmate  
similarity  
content

πολυ-γράφος	multigraph
προγραμμα περιήγησης	browser
προτίμηση	preference
πυροδότηση	trigger
σειρήνα	alert
σελίδα περιήγησης	website
σταθμισμένο γράφημα	weighted graph
σχολείο	school
σύνδεσμος	link
ταξινομητής	classifier
τομή	intersection
τοποθεσία (διαδικτύου)	site
χρωματική αναπαράσταση	color representation