

Ατομική Διπλωματική Εργασία

ΤΥΧΑΙΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΔΟΜΗ ΘΕΩΡΙΩΝ ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ

Στυλιάνα Σιακοπούλου

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ



ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Μάιος 2022

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ

ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Τυχαιότητα και Δομή Θεωριών Επιχειρηματολογίας

Στυλιάνα Σιακοπούλου

Επιβλέπων Καθηγητής

Γιάννης Δημόπουλος

Η Ατομική Διπλωματική Εργασία υποβλήθηκε προς μερική εκπλήρωση των
απαιτήσεων απόκτησης του πτυχίου Πληροφορικής του Τμήματος Πληροφορικής του
Πανεπιστημίου Κύπρου

Μάιος 202

Ευχαριστίες

Για την παρούσα ατομική διπλωματική εργασία θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου, Δρ. Γιάννη Δημόπουλο, καθηγητή του Τμήματος Πληροφορικής του Πανεπιστημίου Κύπρου, αφού η ολοκλήρωση της εργασίας μου θα ήταν αδύνατη χωρίς την ανεκτίμητη του καθοδήγηση. Επίσης θα ήθελα να τον ευχαριστήσω για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με το συγκεκριμένο θέμα και να αποκτήσω πολύτιμες γνώσεις όσο αφορά τις θεωρίες επιχειρηματολογίας, καθώς και για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε κατά την διάρκεια εκπόνησης της εργασίας μου.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω το Τμήμα Πληροφορικής του Πανεπιστημίου Κύπρου και όλους τους καθηγητές που είχα την τιμή να μου διδάξουν και να με εξοπλίσουν με τις απαραίτητες γνώσεις. Με όσα αποκόμισα καθ' όλη την διάρκεια των φοιτητικών μου χρόνων νιώθω έτοιμη να ξεκινήσω την επαγγελματική μου κατάρτιση στον τομέα της πληροφορικής.

Τέλος, οφείλω να ευχαριστήσω την οικογένεια μου, τους φίλους και συμφοιτητές μου που υπήρξαν ένα αδιάκοπο στήριγμα για μένα.

Περίληψη

Η επιχειρηματολογία είναι ένα θέμα το οποίο μελετάτε εδώ και εκατοντάδες χρόνια από διάφορους κλάδους, ένας εκ των οποίων είναι και η πληροφορική. Ένα επιχείρημα είναι μια συλλογή από δηλώσεις και συμπεριλαμβάνει ένα συμπέρασμα, τις υποθέσεις από τις οποίες θα καταλήξουμε στο συμπέρασμα, και ένα πόρισμα από τις υποθέσεις το οποίο θα οδηγήσει στο τελικό συμπέρασμα. Τα επιχειρήματα σε ένα σύνολο μπορούν να έχουν κάποιες σχέσεις μεταξύ τους. Αυτές οι σχέσεις μπορεί να υποδηλώνουν επίθεση από ένα επιχείρημα σε άλλο ή υποστήριξη. Αυτές οι ακολουθίες επιχειρημάτων μπορούν να αναπαρασταθούν χρησιμοποιώντας διαφόρων ειδών γράφους, οι κόμβοι των οποίων αντιπροσωπεύουν τα επιχειρήματα και οι ακμές ανάμεσα τους τις σχέσεις μεταξύ τους. Μας ενδιαφέρουν περισσότερο οι επιθετικές σχέσεις που μπορούν να αναπτυχθούν ανάμεσα σε διάφορα επιχειρήματα.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία μελετώνται διάφορες θεωρίες επιχειρηματολογίας, η δομή καθώς και η τυχαιότητα τους. Η υλοποίηση αυτών των δομών, χρησιμοποιώντας διαφορετικούς συνδυασμούς γραφημάτων, έχει γίνει με στόχο την μελέτη ύπαρξης ευσταθών επεκτάσεων των θεωριών αυτών. Οι ευσταθείς επεκτάσεις αποτελούν ένα υποσύνολο όλων των επιχειρημάτων μιας θεωρίας, το οποίο σύνολο μπορεί να επιβιώσει κάθε επίθεση που δέχεται και όλα τα επιχειρήματα που ανήκουν σε αυτό είναι αληθή. Αυτό συμβαίνει είτε με το να μην δέχονται καμία επίθεση, είτε δέχονται επιθέσεις τις οποίες το σύνολο μπορεί να αντισταθεί.

Η υλοποίηση του συστήματος έχει γίνει στη γλώσσα python. Το σύστημα παίρνει σαν είσοδο ένα αρχείο που περιέχει τις τιμές για τις διάφορες παραμέτρους του τυχαίου γραφήματος, και παράγει μια τυχαία αφηρημένη θεωρία επιχειρηματολογίας που αντιστοιχεί σε αυτό το γράφημα στη τυποποιημένη μορφή που χρησιμοποιείται από το σύστημα επίλυσης θεωριών επιχειρηματολογίας. Το σύστημα αυτό χρησιμοποιείται για την πειραματική ανάλυση της επίπτωσης που έχουν διάφορα χαρακτηριστικά των θεωριών στην ύπαρξη ευσταθών μοντέλων και στο χρόνο που απαιτείται για την εύρεση τους.

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες	iii
Περίληψη	iv
Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή.....	1
1.1 Εισαγωγή	1
1.2 Σημασία της επιχειρηματολογίας	2
Κεφάλαιο 2 Εισαγωγή Στην Επιχειρηματολογία.....	4
2.1 Εισαγωγή στην επιχειρηματολογία	4
2.2 Αναπαράσταση δομών επιχειρηματολογίας με χρήση γράφων	9
2.3 Αφηρημένες δομές επιχειρηματολογίας	11
2.4 Ευσταθές επεκτάσεις	17
Κεφάλαιο 3 Τυχαία Γραφήματα.....	20
3.1 Βιβλιοθήκη igraph	20
3.2 Ορισμός τυχαίων γραφημάτων	21
Κεφάλαιο 4 Δημιουργία Γραφημάτων.....	37
4.1 Εκδοχές προγραμμάτων	37
4.2 Περιγραφή αρχείων εισόδου και δομής γραφημάτων 1	38
4.3 Περιγραφή αρχείων εισόδου και δομής γραφημάτων 2	41
4.4 Παράμετρος percentage	44
4.5 Πολλαπλές τιμές σε παραμέτρους	64
4.6 Παράμετρος instances	69
Κεφάλαιο 5 Πειράματα.....	70
5.1 Εισαγωγή	70
5.2 Συνδυασμοί	70

5.3 Αποτελέσματα	74
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 Συμπεράσματα	108
6.1 Συμπεράσματα	108
6.2 Μελλοντικές επεκτάσεις	110
Βιβλιογραφία	111
Παράρτημα Α – Αρχεία Παραμέτρων Γράφων.....	A-1

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

1.1 Εισαγωγή	1
1.2 Σημασία της επιχειρηματολογίας	2

1.1. Εισαγωγή

Επιχειρηματολογία είναι η μελέτη της πορείας που ακολουθούμε για να φτάσουμε σε ένα συμπέρασμα μέσα από λογικά επιχειρήματα [5]. Στην καθημερινότητα μας η επιχειρηματολογία είναι η προσπάθεια μας να υποστηρίξουμε μια άποψη μας, ή να αμφισβητήσουμε την γνώμη του συνομιλητή μας. Είναι μια πρακτική που εφαρμόζουμε καθημερινά στη ζωή μας, πολλές φορές χωρίς να το καταλάβουμε. Στην επιχειρηματολογία μπορούν να συμπεριληφθούν σύνθετες συζητήσεις, όπως οι επιδράσεις των εξελίξεων της τεχνολογίας στην κοινωνία μας, απλές συνομιλίες όπως ανταλλαγές απόψεων για το τι θα φορέσουμε σήμερα, και γενικά οποιαδήποτε συνδιάλεξη περιλαμβάνει δύο ή περισσότερα μέλη που ανταλλάσσουν όψεις πάνω σε ένα θέμα και προκαλούν ο ένας την άποψη του άλλου, ή ανταποκρίνονται για να αμυνθούν την δικιά τους. Όσο αφορά όμως ένα πιο γενικό ορισμό με σκοπό την μελέτη θεωριών επιχειρηματολογίας, η επιχειρηματολογία συνδέεται με την επικοινωνία, την αλληλεπίδραση, την υπευθυνότητα λόγου και την λογικότητα του ομιλητή [3].

Ένας σύντομος ορισμός του τι σημαίνει επιχείρημα στα πλαίσια των θεωριών επιχειρηματολογίας είναι ένα σύνολο από προτάσεις που δηλώνουν κάτι, οι οποίες αποτελούνται από μια ή περισσότερες υποθέσεις, ένα λογικό πόρισμα και ένα τελικό συμπέρασμα το οποίο εξάγεται από το πόρισμα των υποθέσεων. Έτσι η

επιχειρηματολογία θα μπορούσε να οριστεί και ως μια αλυσίδα από επιχειρήματα όπου το συμπέρασμα ενός πορίσματος είναι η υπόθεση του επόμενου

1.2. Σημασία της επιχειρηματολογίας

Τα επιχειρήματα μπορούν να έχουν διάφορες σχέσεις μεταξύ τους. Ένα επιχείρημα μπορεί να επιτίθεται σε κάποιο άλλο, να υπερασπίζεται ένα επιχείρημα από την επίθεση κάποιου άλλου ή να έχει μια ουδέτερη σχέση με ένα άλλο επιχείρημα. Στα πλαίσια της εργασίας μου μας ενδιαφέρουν οι επιθετικές σχέσεις ανάμεσα στα επιχειρήματα.

Στον κλάδο της πληροφορικής μια δομή επιχειρηματολογίας μπορεί να αναπαρασταθεί μέσω κατευθυνόμενων γράφων. Όταν δημιουργηθεί ένας τέτοιος γράφος, οι κόμβοι του αντιπροσωπεύουν τα διάφορα επιχειρήματα και οι ακμές που εισέρχονται ή εξέρχονται προς ή από τους κόμβους αντιπροσωπεύουν επιθέσεις από ένα επιχείρημα προς κάποιο άλλο. Χρησιμοποιώντας γραφήματα για αναπαράσταση θεωριών επιχειρηματολογίας μπορούμε πολύ εύκολα να αποφασίσουμε ποια σύνολα σε μια τέτοια θεωρία είναι αποδεκτά και ποια απορρίπτονται.

Ένα σύνολο επιχειρημάτων σε μια θεωρία επιχειρηματολογίας είναι αποδεκτό εάν μπορεί να επιβιώσει κάθε επίθεση που δέχεται. Ένα σύνολο επιβιώνει κάθε επίθεση που δέχεται από επιχειρήματα εκτός του συνόλου εάν δεν υπάρχει επιχείρημα που επιτίθεται στο σύνολο και δεν λαμβάνει και αυτό κάποια επίθεση από τουλάχιστον ένα επιχείρημα εσωτερικά του συνόλου. Υπάρχουν διάφορες επεκτάσεις που ικανοποιούν αυτό το κριτήριο, όμως εμάς μας ενδιαφέρουν οι ευσταθής επεκτάσεις, οι οποίες επιτίθενται σε κάθε επιχείρημα που δεν ανήκει εσωτερικά του υποσυνόλου που μελετάται.

Στην ατομική μου εργασία δημιουργώ διάφορους συνδυασμούς θεωριών επιχειρηματολογίας με χρήση γράφων. Αυτά τα γραφήματα είναι μια πιο γενικευμένη μορφή όσων θα αναφερθούν στην συνέχεια. Οι σχέσεις που μας ενδιαφέρουν είναι οι επιθετικές σχέσεις, έτσι οι γράφοι είναι κτισμένοι βασιζόμενοι σε αυτό το είδος σχέσεων. Περισσότερες λεπτομέρειες για το πως μεταφράζονται οι θεωρίες επιχειρηματολογίας σε γράφους και την λογική διαδικασία που ακολουθήθηκε για την υλοποίηση αυτού του έργου σε επόμενα υποκεφάλαια.

Τα προγράμματα είναι γραμμένα στην γλώσσα προγραμματισμού python. Η βιβλιοθήκη που χρησιμοποιείται επί το πλείστο για την δημιουργία των διαφόρων δομών επιχειρηματολογίας είναι η `igraph`. Ο χρήστης έχει την δυνατότητα να δημιουργήσει διάφορα γραφήματα με συνδυασμούς 9 ειδών γράφων. Η κύρια δομή που ακολουθούν τα προγράμματα μου είναι να κτίζεται αρχικά ένας υπεργράφος, του οποίου οι κόμβοι μετατρέπονται σε διάφορους υπογράφους και οι ακμές του υπογράφου είναι οι ακμές που ενώνουν τους υπογράφους. Τα χαρακτηριστικά του τελικού γράφου επιλέγονται από τον χρήστη. Ο χρήστης έχει την ελευθερία να επιλέξει ένα ή περισσότερα είδη υπογράφων και να δώσει σε αυτά οποιοδήποτε συνδυασμό παραμέτρων επιθυμεί. Έχει επίσης την δυνατότητα να διαμορφώσει τον υπεργράφο και τον τελικό γράφο όπως πιστεύει κατάλληλο.

Τα προγράμματα που έχω υλοποιήσει παίρνουν ως είσοδο ένα αρχείο εισόδου που περιγράφει τα χαρακτηριστικά του τελικού γράφου και αναφέρει τα αρχεία περιγραφής του υπεργράφου και των υπογράφων. Με τον τερματισμό κάθε εκτέλεσης δημιουργούνται διάφοροι φάκελοι στο ευρετήριο του χρήστη οι οποίοι περιέχουν τους διάφορους γράφους που έχει ζητήσει να υλοποιηθούν περιγράφοντας τις κορυφές και τις ακμές τους, ένα αρχείο περιγραφής του συνδυασμού για τον τυχαίο γράφο του συγκεκριμένου φακέλου και ένα αρχείο περιγραφής των ακμών του. Στα πλαίσια αυτής της εργασίας, τα προγράμματα αυτά χρησιμοποιήθηκαν για την πειραματική ανάλυση της επίπτωσης που έχουν διάφορα χαρακτηριστικά των γράφων των θεωριών στην ύπαρξη ευσταθών μοντέλων και στο χρόνο που απαιτείται για την εύρεση τους.

Κεφάλαιο 2

Εισαγωγή στην επιχειρηματολογία

2.1 Εισαγωγή στην επιχειρηματολογία	4
2.2 Αναπαράσταση δομών επιχειρηματολογίας με χρήση γράφων	9
2.3 Αφηρημένες δομές επιχειρηματολογίας	11
2.4 Ευσταθές επεκτάσεις	17

2.1 Εισαγωγή στην επιχειρηματολογία

Ο τομέας της επιχειρηματολογίας εμφανίστηκε τον καιρό του Αριστοτέλη και άλλων αρχαίων Ελλήνων φιλόσοφων, και από τότε διάφορες επιστήμες που ασχολούνται με την επιχειρηματολογία μελετούν το τί κάνει ένα επιχείρημα ορθό, ποιες είναι οι αποδείξεις της ορθότητας του και ποια είναι τα πιθανά λάθη που κάνουμε όταν προσπαθούμε να υπερασπιστούμε ένα επιχείρημα μας κατά την διάρκεια μιας συζήτησης. Ο εντοπισμός αυτών των λαθών είναι μια από τις μεγαλύτερες προκλήσεις που αντιμετωπίζει η επιχειρηματολογία μέχρι σήμερα, και είναι ένα κομμάτι το οποίο συνεχίζει να εξελίσσεται συνεχώς. Τα τελευταία χρόνια οι επιστήμονες της επιχειρηματολογίας συνεργάζονται στενότερα με επιστήμονες της πληροφορικής, κυρίως στον κλάδο της τεχνητής νοημοσύνης, και έχει σημειωθεί μια σημαντική βελτίωση όσο αφορά την μελέτη των προαναφερόμενων λαθών του λόγου [1].

Συνήθως χρησιμοποιούμε διάφορες μορφές επιχειρημάτων, οι οποίες ονομάζονται σχήματα επιχειρηματολογίας. Τα περισσότερα σχήματα τα οποία ενδιαφέρουν άμεσα την επιχειρηματολογία δεν κατατάσσονται στις παραδοσιακές μορφές όπως την επαγωγική, και δεν ακολουθούν μια συγκεκριμένη πορεία στην ανάπτυξη τους. Οι περισσότερες μορφές που μας ενδιαφέρουν χαρακτηρίζονται ως αφηρημένες. Μερικά παραδείγματα των πιο διαδεδομένων σχημάτων είναι το να χρησιμοποιούμε

επιχειρήματα τα οποία στηρίζουμε σε γνώμη ειδικού, στην λαϊκή γνώμη και σε παραδείγματα. Κάθε σχήμα αποτελείται από ένα σύνολο κριτικών ερωτήσεων τις οποίες μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε για να ασκήσουμε κριτική πάνω στο επιχείρημα που εμπίπτει σε αυτό το σχήμα. Για παράδειγμα, αν ο τρόπος πειθούς του επιχειρήματος είναι επίκληση σε γνώμη ειδικού, μερικές ερωτήσεις που μπορούμε να κάνουμε είναι, αν ο ειδικός στον οποίο αναφέρεται το επιχείρημα είναι εξειδικευμένος στο θέμα της συζήτησης, αν συμφωνεί με όσα λένε οι περισσότεροι ειδικοί του αναφερόμενου τομέα ή αν ο ειδικός αυτός είναι μια αξιόπιστη πηγή.

Όσο αφορά την μελέτη και την ανάλυση των επιχειρημάτων, υπάρχουν τέσσερα σημαντικά έργα τα οποία οφείλουμε να εκτελούμε. Πρώτο από αυτά τα έργα είναι η ταυτοποίηση, η οποία έχει ως καθήκον να αναγνωρίσει μέσα από ένα επιχείρημα ποιο είναι το λογικό του συμπέρασμα και ποιες οι υποθέσεις που οδήγησαν σε αυτό. Το έργο της ταυτοποίησης χρησιμοποιείται για να αποφασίσουμε κατά πόσο ένα επιχείρημα ανήκει σε σχήμα επιχειρηματολογίας ή όχι. Δεύτερο έργο είναι η ανάλυση, η οποία έχει σκοπό να βρει υποθέσεις ή συμπεράσματα τα οποία δεν είναι ξεκάθαρα και το νόημα τους υπονοείται. Τέτοιες υποθέσεις και συμπεράσματα πρέπει να μετατρέπονται σε προτάσεις οι οποίες είναι εύκολα κατανοητές στον αναγνώστη και η σημασία τους δεν αφήνεται στην αντίληψη του αναγνώστη, έτσι ώστε η αξιολόγηση του επιχειρήματος να γίνεται ορθά. Κατά την αξιολόγηση ενός επιχειρήματος, η οποία είναι το επόμενο έργο, αποφασίζεται κατά πόσο ένα επιχείρημα είναι αδύναμο ή ισχυρό με βάση κάποια γενικά κριτήρια που εφαρμόζονται σε αυτό. Τέλος, το έργο της εφεύρεσης είναι η δημιουργία νέων επιχειρημάτων τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να αποδείξουν το τελικό συμπέρασμα.

Όπως έχει αναφερθεί, κατά την διάρκεια της ανάλυσης των επιχειρημάτων, ψάχνουμε να βρούμε αυτά τα οποία οι υποθέσεις ή τα συμπεράσματα τους δεν είναι ξεκάθαρα στον αναγνώστη έτσι ώστε να γίνουν σαφής και κατανοητά πριν την αξιολόγηση τους[6]. Αυτών των ειδών επιχειρήματα ονομάζονται ενθυμήματα. Τις περισσότερες φορές αδυνατούμε να αναγνωρίσουμε ενθύμημα σε όσα έχουμε δηλώσει αφού πολλές φορές αφήνουμε πίσω λογικούς συλλογισμούς που υπονοούν την ορθότητα του επιχειρήματος μας, πιστεύοντας πως αυτοί οι συλλογισμοί ανήκουν στην κοινή λογική. Μια περίπτωση εμφάνισης τέτοιων επιχειρημάτων είναι συζητήσεις περί ηθικών ζητημάτων

όπου υποστηρίζεται πως μια συμπεριφορά είναι λάθος, βασίζοντας το επιχείρημα πάνω σε γεγονότα, αλλά πολλές φορές αγνοείτε η εξήγηση του τι κάνει αυτό το γεγονός ηθικά λάθος, αφήνοντας τον συλλογισμό λογικά ελλιπή. Έστω το πιο κάτω παράδειγμα:

- Το οδήγημα κάτω από την επήρεια αλκοόλ μπορεί να τραυματίσει αθώους πολίτες.
- Είναι λάθος να τραυματίζουμε αθώους πολίτες.
- Άρα το οδήγημα κάτω από την επήρεια αλκοόλ είναι λάθος.

Υπό κανονικές συνθήκες δεν θα δηλώναμε την δεύτερη υπόθεση, υποθέτοντας πως αυτή η άποψη ευθυγραμμίζεται με την άποψη του κοινού μας. Άρα αυτό το επιχείρημα θα κατατασσόταν στα ενθύμημα αν αγνοούσαμε την δεύτερη υπόθεση, και θα είχαμε μόνο την πρώτη υπόθεση και το συμπέρασμα, ως εξής:

- Το οδήγημα κάτω από την επήρεια αλκοόλ μπορεί να τραυματίσει αθώους πολίτες.
- Άρα το οδήγημα κάτω από την επήρεια αλκοόλ είναι λάθος.

Είναι δυνατό με βάση τη λογική να καταλάβουμε πως από την πρώτη υπόθεση καταλήξαμε στο συμπέρασμα πως το μεθυσμένο οδήγημα είναι ηθικά λάθος, αλλά δεν έχει δηλωθεί στο επιχείρημα γιατί είναι λάθος, έτσι το επιχείρημα είναι ελαττωματικό. Άρα και οι δύο υποθέσεις είναι απαραίτητες για να εξάγουμε το συμπέρασμα χωρίς αβεβαιότητες, και το επιχείρημα είναι συνδεδεμένο.

Τα ενθύμημα είναι αναπόφευκτα στον λόγο, αφού αν έπρεπε να ξεκαθαρίζουμε κάθε ξεχωριστή υπόθεση στους αναγνώστες μας, ανεξαρτήτως αν είναι σε θέση να εξαγάγουν το λογικό πόρισμα που ακολουθήσαμε προς το συμπέρασμα ή όχι, τότε κάθε επιχείρημα θα ήταν πολύ πιο μεγάλο απ' ό,τι χρειαζόταν, επαναληπτικό και βαρετό. Πολλές φορές χρειάζεται να υποθέσουμε τι γνωρίζει το κοινό μας έτσι ώστε τα επιχειρήματά μας να είναι αποτελεσματικά, αφήνοντας πίσω ευνόητες υποθέσεις. Ωστόσο αυτή η μέθοδος είναι αρκετά επικίνδυνη αφού όταν αγνοείται η υπόθεση ενός επιχειρήματος μπορεί να αγνοηθούν και λανθασμένες ή μη πειστικές υποθέσεις. Αν ο ίδιος ο υποστηρικτής ενός επιχειρήματος δεν είναι σε θέση να αναγνωρίσει τα ενθυμήματα που υπάρχουν, αλλά τα αναγνωρίσει ο ακροατής του, τότε ίσως να μην μπορεί να ανταπεξέλθει στις αμφιβολίες του αναγνώστη και η πειστικότητα του επιχειρήματος του να μειωθεί δραματικά.

Τα ενθυμήματα είναι ένα από τα παραδείγματα πλάνης (fallacy) που μπορεί να προκύψουν σε ένα διάλογο με επιχειρήματα. Για να αποφεύγουμε αυτές τις πλάνες είναι σημαντικό να λαμβάνουμε υπόψη σε τι είδος διαλόγου συμμετέχουμε. Το είδος του διαλόγου χρησιμοποιείτε στις θεωρίες επιχειρηματολογίας για να καθοριστούν κάποια πρότυπα επιχειρημάτων και να μοντελοποιηθούν αυτά τα επιχειρήματα έτσι ώστε να αναλυθούν κατάλληλα. Υπάρχουν διάφορα είδη διαλόγων, έξι από τα οποία είναι τα κυριότερα. Το πρώτο είδος είναι ο διάλογος κατά τον οποίο προσπαθείς να πείσεις τον συνομιλητή σου για κάτι. Συνήθως ξεκινάει με δύο απόψεις που συγκρούονται και κάθε μέλος αποκαλύπτει τα ισχυρότερα του επιχειρήματα με σκοπό να λυθεί η διαμάχη που προέκυψε. Το δεύτερο είδος διαλόγου έχει ερευνητικό χαρακτήρα, βασισμένος σε αποδείξεις προσπαθεί να αποδείξει ή να διαψεύσει μια υπόθεση. Το τρίτο είδος είναι η διαπραγμάτευση. Στην διαπραγμάτευση κάθε μέλος του διαλόγου προσπαθεί να κερδίσει αυτό που επιθυμεί περισσότερο και πρέπει να καταλήξει σε μια συμφωνία όπου κάθε μέλος είναι ικανοποιημένο. Το τέταρτο είδος διαλόγου έχει ως στόχο την ανταλλαγή πληροφοριών, δεν είναι ένα είδος όπου συνηθίζεται η ύπαρξη αντικρούσεων αφού τα μέλη προσπαθούν είτε να μεταδώσουν είτε να λάβουν πληροφορίες σύμφωνα με ένα θέμα που τους ενδιαφέρει να επεκτείνουν τις γνώσεις τους. Το πέμπτο είδος είναι κάποια μορφή σύσκεψης όπου στόχος είναι να ληφθεί μια απόφαση σχετικά με ένα δίλημμα που έχει η εμπλεκόμενη ομάδα. Σε τέτοιου είδους διαλόγους τα μέλη προτείνουν ιδανικές λύσεις στο πρόβλημα που χρειάζεται να επιλυθεί και καταλήγουν συλλογικά στην καλύτερη διαθέσιμη πορεία δράσης. Το τελευταίο είδος διαλόγου είναι μια έντονη προσωπική σύγκρουση όπου τα μέλη δεν ενδιαφέρονται να λύσουν ευγενικά την διαμάχη τους, αλλά να τερματίσουν την συζήτηση καταλήγοντας νικητές και ανώτεροι από τον αντίπαλο τους.

Πολλές φορές όμως δεν είναι δυνατό να περιορίσουμε ένα διάλογο σε ένα από αυτά τα είδη. Ξεκινώντας με ένα είδος διαλόγου μπορεί να μετατοπιστούμε σε κάποιο άλλο είδος. Αυτό μπορεί να σημαίνει ότι είτε ο δεύτερος διάλογος εξυπηρετεί τον πρώτο διάλογο στο να φτάσει στον τελικό του σκοπό, είτε επεμβαίνει σε αυτή τη διαδικασία. Ένας πιθανός συνδυασμός είναι ξεκινήσει μια σύσκεψη για την επίλυση ενός κοινού προβλήματος, αλλά η ομάδα που συμμετέχει στην σύσκεψη να μην έχει τις απαραίτητες γνώσεις για να λάβει μια ευφυή απόφαση και να καλέσει ειδικούς στο θέμα έτσι ώστε να αποκτήσει περισσότερες πληροφορίες για τις επιπτώσεις και τα πλεονεκτήματα κάθε

πιθανής απόφασης. Ο δεύτερος διάλογος θα έχει μορφή ανταλλαγής πληροφοριών. Σε αυτή την περίπτωση ο δεύτερος διάλογος βοηθά τον πρώτο στο να φτάσει αποτελεσματικά στον στόχο του.

Κάθε είδος διαλόγου συνοδεύεται με τις δικές του πλάνες που μπορεί να προκύψουν. Έστω ότι ξεκινάει ένας διάλογος όπου ο αρχικός ομιλητής προσπαθεί να πείσει τον συνομιλητή του ότι το να κάνεις συνδρομή στο γυμναστήριο Α είναι πιο οικονομικό από το κάνεις συνδρομή στο γυμναστήριο Β. Ο συνομιλητής έχει το καθήκον να αμφισβητήσει τα λεγόμενα του πρώτου ομιλητή φέρνοντας στο προσκήνιο επιχειρήματα που επιτίθενται σε αυτή την άποψη, για παράδειγμα να επισημάνει πως ο πρώτος ομιλητής ίσως δεν έχει λάβει υπόψη την διαφορά απόστασης των γυμναστηρίων από την περιοχή που μένει, και άρα την διαφορά βενζίνης που θα χρησιμοποιεί κάθε φορά. Έστω όμως πως ο δεύτερος ομιλητής αποφασίσει να μετατοπίσει το θέμα της συζήτησης και ισχυριστεί πως ο ιδιοκτήτης του πρώτου γυμναστηρίου έχει δυσφημιστεί και έχει κάνει άσχημα πράγματα που έχουν πληγώσει άλλους συνανθρώπους του, ενώ ο ιδιοκτήτης του δεύτερου γυμναστηρίου προσφέρει ένα ποσοστό των εισόδων του σε μη κερδοσκοπικούς οργανισμούς. Αναμφισβήτητα είναι ένα επιχείρημα που χρησιμοποιεί επίκληση στο συναίσθημα και θα μπορούσε να άρει αμφιβολίες για την αρχική υπόθεση του πρώτου συνομιλητή, αν αυτή η υπόθεση ήταν πως είναι ηθικά πιο σωστό να γραφτείς στο γυμναστήριο Β παρά στο γυμναστήριο Α. Όμως σε αυτή την περίπτωση το επιχείρημα του δεύτερου ομιλητή δεν έχει καμία σχέση με το τι είχε οριστεί ως το θέμα συζήτησης αρχικά.

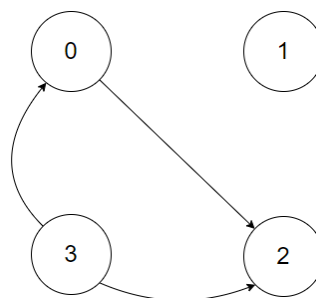
Γενικά υπάρχουν εκατοντάδες πλάνες που μπορούν να προκύψουν σε ένα διάλογο, και πρέπει να είμαστε πολύ προσεκτικοί στο είδος διαλόγου που συμμετέχουμε και στο θέμα που θίγει. Πολλές φορές τέτοιες πλάνες μπορούν να δώσουν στον αντίπαλο ευκαιρία να επιτεθεί αποτελεσματικά στο επιχείρημα μας ή να απορρίψουν την αποδοχή του επιχειρήματος μας.

Όπως έχω εξηγήσει πιο πάνω, ένα επιχείρημα μπορεί να έχει σχέσεις με άλλα επιχειρήματα, οι οποίες σχέσεις μπορεί να είναι σχέσεις υποστήριξης προς το αντίστοιχο επιχείρημα ή επιθετικές, όμως στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας μας ενδιαφέρουν οι επιθετικές σχέσεις. Υπάρχουν αρκετοί τρόποι να

επιτεθούμε σε ένα επιχείρημα, για παράδειγμα να υποδείξουμε πως οι υποθέσεις του επιχειρήματος δεν συσχετίζονται με το συμπέρασμα του ή ότι το επιχείρημα δεν έχει σχέση με το θέμα της υποτιθέμενης συζήτησης. Ένας από τους κύριους όμως τρόπους επίθεσης, είναι να θέσουμε μια ερώτηση η οποία εγείρει αμφιβολίες στα περιεχόμενα του αντίπαλου επιχειρήματος και μέχρι να μπορέσει να ανταποκριθεί ο υποστηρικτής του, αναστέλλεται η αποδοχή του επιχειρήματος. Ακόμη ένας ουσιώδης τρόπος επίθεσης είναι η υποβολή μιας ερώτησης που αμφιβάλει την ορθότητα μιας ή περισσότερων από τις υποθέσεις που χρησιμοποιεί το επιχείρημα. Ο τρίτος από τους ηγετικούς τρόπους επίθεσης προς ένα επιχείρημα είναι, παρά να αμφιβάλουμε το ίδιο το επιχείρημα, να διατυπώνουμε ένα καινούργιο επιχείρημα το οποίο καταλήγει σε αντίθετο συμπέρασμα από το αρχικό συμπέρασμα του αντιπάλου. Οι τρεις πιο πάνω τρόποι επίθεσης ενός επιχειρήματος είναι ζωτικοί στην κατανόηση του πως ένα επιχείρημα μπορεί να επιτεθεί και τελικά να διαψεύσει ένα αντίπαλο επιχείρημα.

2.2 Αναπαράσταση δομών επιχειρηματολογίας με χρήση γραφημάτων

Όπως έχει αναφερθεί, στα πλαίσια της πληροφορικής μπορούμε να αναπαραστήσουμε μια δομή επιχειρηματολογίας με την χρήση γραφημάτων. Μπορούμε να διακρίνουμε ποιο επιχείρημα επιτίθεται και ποιο επιχείρημα δέχεται την επίθεση από την κατεύθυνση της ακμής. Αν δύο κόμβοι A, B έχουν μια σχέση ανάμεσα τους, με κατεύθυνση της ακμής από τον κόμβο A προς τον κόμβο B, σημαίνει πως το επιχείρημα A επιτίθεται στο επιχείρημα B.

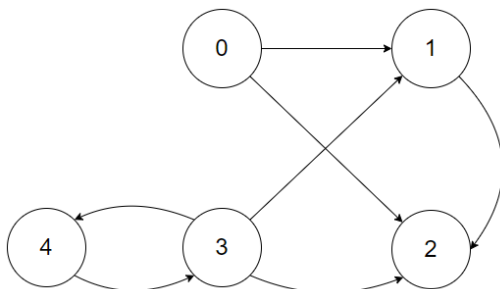


Σχήμα 2.1 Παράδειγμα αναπαράστασης επιχειρημάτων

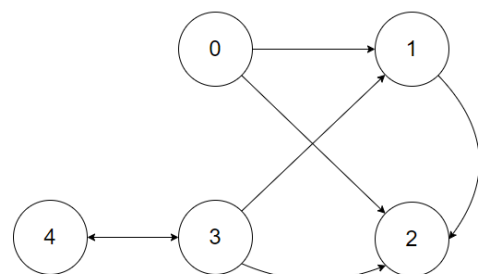
Όπως φαίνεται στο σχήμα 2.1, ο κόμβος 3 έχει δύο εξερχόμενες ακμές οι οποίες κατευθύνονται προς τους κόμβους 0 και 2. Αυτό μεταφράζεται ως μια επίθεση από το

επιχείρημα που αντιπροσωπεύει ο κόμβος 3 προς τα επιχειρήματα των κόμβων 0 και 2 αντίστοιχα. Επίσης βλέπουμε πως ο κόμβος 2 έχει μόνο εισερχόμενες ακμές από τους κόμβους 0 και 3, το οποίο σημαίνει πως τα επιχειρήματα 0 και 3 κάνουν το κάθε ένα από μια επίθεση προς τον επιχειρήμα του κόμβου 2. Όμως δεν είναι απαραίτητο ένας κόμβος να έχει μόνο εξερχόμενες ή μόνο εισερχόμενες ακμές. Για παράδειγμα ο κόμβος 0 έχει μια εξερχόμενη ακμή προς τον κόμβο 2 και μια εισερχόμενη ακμή από τον κόμβο 3. Φυσικά ένα επιχειρήμα μπορεί να μην επιτίθεται ή να μην δέχεται καμία επίθεση, όπως ο κόμβος 1.

Πολλές φορές όμως σε ένα τέτοιο γράφο, τα επιχειρήματα μπορούν να επιτίθενται μεταξύ τους. Τέτοιες σχέσεις ονομάζονται συμμετρικές, δηλαδή οι κόμβοι έχουν ανάμεσα τους μια ακμή που είναι εξερχόμενη και εισερχόμενη και από τους δύο κόμβους. Οι συμμετρικές σχέσεις ανάμεσα στους κόμβους είναι ζωτικής σημασίας στις θεωρίες επιχειρηματολογίας που θέλουμε να μελετήσουμε, καθώς μοντέλα γράφων που τείνουν να έχουν συγκεκριμένες αναλογίες συμμετρικών ακμών ανάμεσα στους κόμβους τους, φαίνεται να έχουν σχεδόν πάντα σταθερή επέκταση, κάτι το οποίο αναλύετε περισσότερο παρακάτω. Ένα παράδειγμα συμμετρικής σχέσης ανάμεσα σε δύο κόμβους φαίνεται στα πιο κάτω σχήματα.



Σχήμα 2.2 Συμμετρική ακμή 1



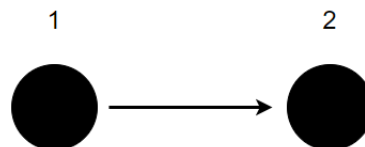
Σχήμα 2.3 Συμμετρικής ακμή 2

Στο σχήμα 2.2 βλέπουμε πως ο κόμβος 3 επιτίθεται στους κόμβους 1, 2 και 4. Όμως η ακμή ανάμεσα στους κόμβους 3 και 4 είναι συμμετρική αφού ο κόμβος 4 επιτίθεται πίσω στον κόμβο 3. Οι υπόλοιπες ακμές που έχουν μόνο μια κατεύθυνση δεν είναι συμμετρικές. Μια συμμετρική ακμή σε ένα κατευθυνόμενο γράφο μπορεί να αναπαρασταθεί με οποιοδήποτε τρόπο από τα σχήματα 2.2 και 2.3, όπως έχει η ακμή ανάμεσα στους κόμβους 3 και 4.

Φυσικά υπάρχουν διάφορα είδη γράφων, κάθε ένα από τα οποία έχει διαφορετικές ιδιότητες και απαιτήσεις όσο αφορά τους κόμβους του και πως επιλέγονται οι σχέσεις ανάμεσα τους. Εμείς θα ασχοληθούμε κτίζοντας εννέα από αυτά τα είδη, τα οποία θα αναφερθούν σε επόμενο κεφάλαιο. Για κάθε γράφο, θα έχουμε ένα υπεργράφο με βάση του οποίου θα κτιστεί ο τελικός γράφος. Οι κόμβοι του υπεργράφου θα είναι μετατρέπονται σε συνδυασμούς άλλων ειδών γράφων, όπως θα δηλώνει ο χρήστης πριν την εκτέλεση του προγράμματος, και αυτοί οι υπογράφοι θα ενώνονται μεταξύ τους ανάλογα με τις ακμές του υπεργράφου. Οι γράφοι και η διαδικασία που ενώνει τους υπογράφους μεταξύ τους θα γίνεται τυχαιοποιημένα. Ο αριθμός ακμών που θα αποδίδεται για την ένωση δύο υπογράφων, το ποσοστό συμμετρικών ακμών του τελικού γράφου καθώς και των υπογράφων, οι κατάλληλοι παράμετροι για την δημιουργία των γράφων, και άλλες απαραίτητες τιμές θα δίνονται από τον χρήστη. Αυτό το κομμάτι εξηγείται με περισσότερη λεπτομέρεια σε επόμενα κεφάλαια.

2.3 Αφηρημένες δομές επιχειρηματολογίας

Όταν ακούσουμε την λέξη επιχείρημα, αυτόματα της δίνουμε διάφορες ερμηνείες που συνδέονται με μια λογική κατάληξη από κάποιες υποθέσεις σε κάποιο συμπέρασμα, κάποια δήλωση σε μια διαφωνία. Όμως στα πλαίσια των αφηρημένων συστημάτων επιχειρηματολογίας, ένα επιχείρημα δεν είναι δεσμευμένο με κάποιο ορισμό ή κάποια ερμηνεία. Ένα επιχείρημα δεν θεωρείται πως έχει κάποια συγκεκριμένη δομή, αλλά είναι οτιδήποτε μπορεί να επιτεθεί ή να δεχθεί επίθεση από κάτι άλλο. Επομένως μια δομή επιχειρηματολογίας είναι σε θέση να αντιπροσωπεύσει μια ποικιλία καταστάσεων. Όπως στο Σχήμα 2.4, το επιχείρημα 1 επιτίθεται στο επιχείρημα 2.

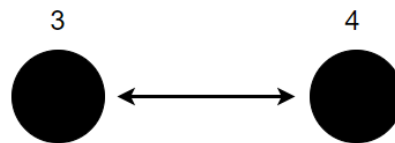


Σχήμα 2.4 Απλή επίθεση επιχειρημάτων

Στα πλαίσια μιας συζήτησης που αφορά τον καιρό, το επιχείρημα 2 θα μπορούσε να ήταν «Σήμερα θα βρέξει γιατί βλέπω σύννεφα», και το επιχείρημα 1 θα μπορούσε να ήταν «Σήμερα δεν θα βρέξει γιατί αυτό έχουν προβλέψει οι μετεωρολογικές υπηρεσίες». Παράλληλα, σε μια συζήτηση για το ποιος έσπασε το βάζο με τα

λουλούδια, το επιχείρημα 2 θα μπορούσε να ήταν «Ο Σωτήρης έσπασε το βάζο γιατί αυτός είναι που ποτίζει τα λουλούδια καθημερινά» ενώ το επιχείρημα 1 προς υπεράσπιση του Σωτήρη θα μπορούσε να ήταν «Δεν θα μπορούσε να ήταν ο Σωτήρης αφού έλειπε όλη μέρα από σπίτι». Γενικά, η σχέση ανάμεσα σε δύο επιχειρήματα δεν έχει κάποιο συγκεκριμένο νόημα, μπορεί να αποδοθεί οποιοσδήποτε ορισμός. Αν το επιχείρημα 1 ισχύει, τότε το επιχείρημα 2 δεν μπορεί να ισχύει, άρα η αξιολόγηση ενός επιχειρήματος το οποίο συνδέετε με κάποιο άλλο μέσω μιας επιθετικής σχέσης, επηρεάζει και το δεύτερο επιχείρημα. Στο παράδειγμα με τον καιρό, αν δεν βρέξει σήμερα τότε ισχύει το επιχείρημα 1 και δεν μπορεί να ισχύει το επιχείρημα 2.

Δεδομένου ότι τα επιχειρήματα σε μια τέτοια δομή επιχειρηματολογίας μπορούν να επιτεθούν το ένα στο άλλο, είναι ξεκάθαρο ότι δεν μπορούν να συνυπάρξουν όλα μαζί και η κατάσταση του κάθε ενός πρέπει να αξιολογηθεί. Ένα επιχείρημα γίνεται αποδεκτό αν μπορεί να επιβιώσει από τις επιθέσεις που δέχεται από άλλα επιχειρήματα, διαφορετικά απορρίπτεται. Αυτή η απόφαση λαμβάνεται αναλόγως με τα αποτελέσματα της αξιολόγησης του επιχειρήματος.



Σχήμα 2.5 Συμμετρική επίθεση

Στο Σχήμα 2.4 είναι αναμφισβήτητο πως το επιχείρημα 2 δεν μπορεί να επιβιώσει αφού δεν έχει κανένα τρόπο να αμυνθεί ενάντιας της επίθεσης από το επιχείρημα 1. Σε περιπτώσεις όμως συμμετρικής επίθεσης, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.5, θεωρούμε πως η κατάσταση των επιχειρημάτων 3 και 4 είναι η ίδια και δεν ορίζονται ούτε αποδεκτά ούτε απορρίπτονται.

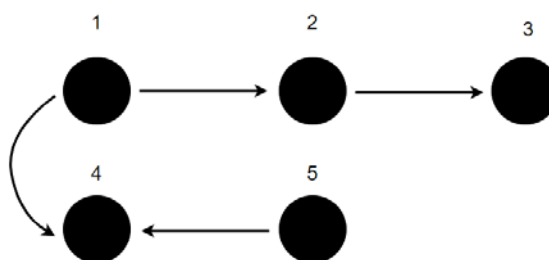
Για την αναπαράσταση τέτοιων προβλημάτων, ο Dung[1] εισήγαγε τις αφηρημένες δομές επιχειρηματολογίας. Τα επιχειρήματα μεταφράζονται στους κόμβους ενός γράφου, ενώ οι επιθέσεις από ένα επιχείρημα σε άλλο μεταφράζονται σε κατευθυνόμενες ακμές. Αν ένα υποσύνολο επιχειρημάτων της αφηρημένης δομής αποτελείται από επιχειρήματα που δεν έχουν καμία εχθρική σχέση μεταξύ τους, και για

κάθε επίθεση σε ένα επιχείρημα εντός του συνόλου υπάρχει επιχείρημα στο ίδιο σύνολο που επιτίθεται στο εχθρικό επιχείρημα, τότε αυτό το σύνολο είναι αποδεκτό.

Μια αφηρημένη δομή επιχειρηματολογίας (abstract argumentation framework, AF) αποτελείται από ένα σύνολο επιχειρημάτων και τις αντίστοιχες επιθετικές σχέσεις μεταξύ τους. Μια τέτοια δομή μπορεί να μοντελοποιηθεί από έναν κατευθυνόμενο γράφο $D(V,A)$ όπου V είναι το σύνολο των επιχειρημάτων και A είναι το σύνολο των αντίστοιχων σχέσεων. Μια κατευθυνόμενη ακμή $uv \in A$ σημαίνει ότι το επιχείρημα u επιτίθεται στο επιχείρημα v [2].

Μια επιχειρηματολογική σημασιολογία (argumentation semantics) είναι ο τυπικός ορισμός των μεθόδων που χρησιμοποιούνται στην διαδικασία της αξιολόγησης ενός επιχειρήματος. Τέτοιες μέθοδοι χρειάζονται κυρίως όταν αντιμετωπίζουμε αυθαίρετους συνδυασμούς επιχειρηματολογικών πλαισίων. Οι δύο κύριοι τρόποι ορισμού μιας επιχειρηματολογικής σημασιολογίας είναι με βάση τις ετικέτες (labelled based) και με βάση τις επεκτάσεις (extension based).

Η προσέγγιση με βάση τις επεκτάσεις προσδιορίζει πως να εξάγεις ένα σύνολο επεκτάσεων από ένα AF, όπου μια επέκταση είναι ένα υποσύνολο των επιχειρημάτων της AF που μπορούν να επιβιώσουν ως σύνολο ενάντιας άλλων επιθέσεων εκτός του συνόλου.



Σχήμα 2.6 Παράδειγμα AF για επέκταση συνόλων

Στο Σχήμα 2.6 μπορούμε να δούμε κατευθείαν πως τα επιχειρήματα 1 και 5 ανήκουν σε ένα τέτοιο υποσύνολο αφού κανένα άλλο επιχείρημα δεν τους επιτίθεται. Αφού ανήκει μέσα στο σύνολο το επιχείρημα 1, σημαίνει πως τα επιχειρήματα 2 και 4 δεν μπορούν να ανήκουν μέσα στο σύνολο. Το επιχείρημα 3 μπορεί να μπει στην επέκταση αφού η μόνη επίθεση που δέχεται είναι από το επιχείρημα 2, το οποίο δεν ανήκει στην

επέκταση, και μπορούμε να θεωρήσουμε πως το επιχείρημα 1 υπερασπίζεται το επιχείρημα 3 αφού επιτίθεται στο επιχείρημα 2. Άρα η μεγαλύτερη επέκταση που μπορούμε να έχουμε είναι η εξής $\{1, 3, 5\}$, η οποία είναι υποσύνολο του συνόλου $\{1, 2, 3, 4, 5\}$ της AF.

Η προσέγγιση με βάση τις ετικέτες δίνει μια ετικέτα σε κάθε επιχείρημα σύμφωνα με την κατάσταση του σε σχέση με τα υπόλοιπα επιχειρήματα. Σε αυτή τη προσέγγιση οι ετικέτες που χρησιμοποιούμε είναι οι ετικέτες *in*, *out* και *undecided*. Η ετικέτα *in* δίνεται στα επιχειρήματα τα οποία δεν δέχονται καμία επίθεση, άρα είναι αποδεκτά. Η ετικέτα *out* δίνεται στα επιχειρήματα τα οποία δέχονται επίθεση από τα επιχειρήματα που τους έχει δοθεί η ετικέτα *in*, άρα δεν είναι αποδεκτά. Τέλος, η ετικέτα *undecided* δίνεται σε όλα τα υπόλοιπα επιχειρήματα που απομένουν, δηλαδή τα επιχειρήματα που συμμετέχουν σε συμμετρικές σχέσεις, αφού όπως έχει αναφερθεί τέτοια επιχειρήματα συνήθως παίρνουν ίδια κατάσταση η οποία δεν μπορεί να κατηγοριοποιηθεί ως αποδεκτή ή μη αποδεκτή. Για παράδειγμα, στο Σχήμα 2.5 θα αναθέταμε και στα δύο επιχειρήματα την ετικέτα *undecided*. Ενώ στο Σχήμα 2.6 θα ξεκινούσαμε αναθέτοντας στα επιχειρήματα 1 και 5 την ετικέτα *in*, αφού δεν δέχονται καμία επίθεση από κανένα άλλο επιχείρημα, στην συνέχεια θα αναθέταμε στα επιχειρήματα 2, 4 την ετικέτα *out* αφού τους επιτίθενται ένα ή περισσότερα επιχειρήματα που έχουν την ετικέτα *in*, και τέλος το επιχείρημα 3 θα πάρει την ετικέτα *in* αφού του επιτίθεται μόνο το επιχείρημα 2, το οποίο έχει την ετικέτα *out* αλλά κανένα επιχείρημα με ετικέτα *in* δεν του επιτίθεται.

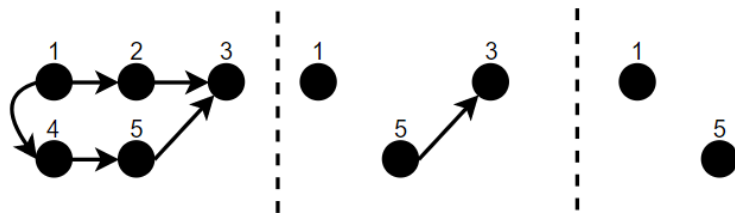
Η κύρια διαφορά ανάμεσα στις δύο προσεγγίσεις είναι η δυνατότητα του συνόλου που δημιουργείτε να προστατεύσει τα μέλη του ενάντια σε εξωτερικές επιθέσεις. Οι ορισμοί επεκτάσεων είναι εξ' ορισμού αναγκασμένοι να περιλαμβάνουν στα σύνολα τους ένα επιχείρημα A εάν και μόνο αν το σύνολο έχει επιχειρήματα τα οποία επιτίθενται στα επιχειρήματα που επιτίθενται στο A. Ένας ορισμός βασισμένος στις επεκτάσεις είναι εύκολο να μεταφραστεί σε ένα ορισμό βασισμένο σε ετικέτες, όμως το αντίθετο δεν είναι πάντα δυνατό, αφού με τις ετικέτες δεν μπορούμε πάντα να εκφράσουμε την δυνατότητα να προστατεύεται ένα επιχείρημα από άλλα επιχειρήματα του υποσυνόλου που ανήκει. Ως αποτέλεσμα, ακόμη και αν χρησιμοποιήσουμε ορισμό σημασιολογίας βασισμένο σε επεκτάσεις, μπορούμε να έχουμε πρόσβαση στον

αντίστοιχο ορισμό σε ετικέτες. Για αυτούς τους λόγους εμάς μας ενδιαφέρουν περισσότερο οι ορισμοί που διατυπώνονται με βάση επεκτάσεις.

Η γενική ιδέα όλων των επεκτάσεων είναι πως δεν πρέπει να εμφανίζονται συγκρούσεις εσωτερικά του συνόλου, εννοώντας ότι αν δύο επιχειρήματα έχουν μια εχθρική σχέση ανάμεσα τους τότε δεν μπορούν να συμπεριληφθούν και τα δύο στο σύνολο της επέκτασης. Αυτή η καθολική απαίτηση ικανοποιεί όλες τις γνωστές σημασιολογίες της επιχειρηματολογίας. Φυσικά αυτό δεν σημαίνει πως υπάρχει μόνο ένα είδος επεκτάσεων, ούτε πως για κάθε είδος είναι η μοναδική αρχή που απαιτεί για να δημιουργήσει ένα μη-κενό σύνολο. Κάθε διαφορετικού τύπου επέκταση μπορεί να ανταποκριθεί σε διαφορετικές σημασιολογίες. Ο πρώτος κανόνας που ακολουθούν όλες οι επεκτάσεις είναι η δυνατότητα αποδοχής συνόλου (admissibility), δηλαδή να μην υπάρχουν συγκρούσεις (conflict-free) εντός συνόλου και να αντεπιτίθεται στις εξωτερικές επιθέσεις που δέχεται. Ακόμη μια ιδιότητα που μπορεί να έχει κάποια επέκταση είναι αυτή της αποκατάστασης (reinstatement). Δηλαδή, αν τα επιχειρήματα που επιτίθενται σε ένα επιχείρημα A , δέχονται επίθεση από επιχειρήματα της επέκτασης E , τότε οι επιθέσεις τους προς το επιχείρημα A δεν έχουν κάποια επίπτωση σε αυτό, άρα το A θα έπρεπε να ανήκει στην επέκταση E . Επιπρόσθετα, έχουμε την ιδιότητα της ισχυρής άμυνας (strong defense), όπου ένα επιχείρημα A το υπερασπίζεται σθεναρά η επέκταση, αν υπάρχει στο σύνολο ένα επιχείρημα Γ που επιτίθεται σε κάθε επιτεθείς του A . Αντίστοιχα, το επιχείρημα Γ πρέπει να είναι ισχυρά προστατευμένο από την επέκταση, δηλαδή να μην χρειάζεται ούτε τον εαυτό του αλλά ούτε και το επιχείρημα A για να αμυνθεί στους επιτεθείς του [4]. Υπάρχουν αρκετές ιδιότητες, οι οποίες δεν θα αναφερθούν σε περισσότερο βάθος, όμως είναι σημαντικό να κατανοήσουμε πως μια σημασιολογία μπορεί να χρησιμοποιεί κάποιες αντίστοιχες επεκτάσεις, και η επέκταση που είναι σε ισχύ έχει τις δικές της ιδιότητες, οι οποίες επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό τα αποτελέσματα του συνόλου που παράγεται τελικά.

Τα παραδοσιακά μοντέλα σημασιολογίας στην επιχειρηματολογία είναι τα εξής: τα θεμελιωμένα (grounded semantics), τα ευσταθή (stable semantics) και τα προτιμώμενα (preferred semantics).

Ένα βασικό μοντέλο είναι οι θεμελιωμένες επεκτάσεις. Έστω μια αφηρημένη δομή επιχειρηματολογίας AF, μια θεμελιωμένη επέκταση είναι μια ελάχιστη, μη-κενή ολοκληρωμένη επέκταση της AF. Η βασική ιδέα αυτής της προσέγγισης είναι να κτιστεί σταδιακά από τα αρχικά επιχειρήματα, τα οποία είναι τα επιχειρήματα τα οποία δεν δέχονται καμία επίθεση. Τα επιχειρήματα τα οποία δέχονται επίθεση από τα αρχικά καταστέλλονται και δεν λαμβάνονται υπόψη. Μετά την καταστολή αυτών των επιχειρημάτων, ψάχνουμε να βρούμε στο καινούργιο AF ποια επιχειρήματα δεν δέχονται πλέον καμία επίθεση, και τα προσθέτουμε στο σύνολο της επέκτασης. Αυτή η διαδικασία συνεχίζεται μέχρι να μην μπορούμε πλέον να προσθέσουμε άλλα επιχειρήματα στο σύνολο των επιχειρημάτων που δεν δέχονται καμία επίθεση. Το τελικό σύνολο είναι το αποτέλεσμα της θεμελιώδους ανάθεσης επεκτάσεων. Αυτή η επέκταση είναι αναδρομικού χαρακτήρα και βασίζεται στην ιδιότητα της ισχυρής άμυνας. Στο Σχήμα 2.7 φαίνεται αυτή η αναδρομική διαδικασία.



Σχήμα 2.7 Αναδρομική διαδικασία για grounded semantics

Στο Σχήμα 2.7 αρχικά έχουμε ένα σύνολο επιχειρημάτων, $\{1, 2, 3, 4, 5\}$ τα οποία έχουν κάποιες σχέσεις μεταξύ τους. Το μοναδικό επιχείρημα που δεν δέχεται καμία επίθεση είναι το επιχείρημα 1, άρα το προσθέτουμε στα αρχικά επιχειρήματα και καταστέλλουμε τα επιχειρήματα 2 και 4 αφού δέχονται επίθεση από το επιχείρημα 1. Στην συνέχεια βλέπουμε πως με την καινούργια δομή, ούτε το επιχείρημα 5 δέχεται κάποια επίθεση, άρα δημιουργούμε ένα καινούργιο σύνολο αρχικών επιχειρημάτων αυτής της δομής, το σύνολο $\{1, 5\}$ και καταστέλλουμε το επιχείρημα 3 το οποίο δέχεται επίθεση από το επιχείρημα 5. Τέλος δεν έχουν μείνει επιχειρήματα τα οποία δέχονται κάποια επίθεση, έτσι το σύνολο της επέκτασης είναι το σύνολο $\{1, 5\}$.

Σε μια αφηρημένη δομή επιχειρηματολογίας AF, μια προτιμώμενη επέκταση είναι μια μέγιστη αποδεκτή επέκταση της AF. Με άλλα λόγια οι προτιμώμενες επεκτάσεις είναι το μεγαλύτερο σύνολο ολοκληρωμένων επεκτάσεων. Η κύρια του ιδιότητα είναι πως μπορεί να υπερασπιστεί τον εαυτό του από εξωτερικές επιθέσεις, και

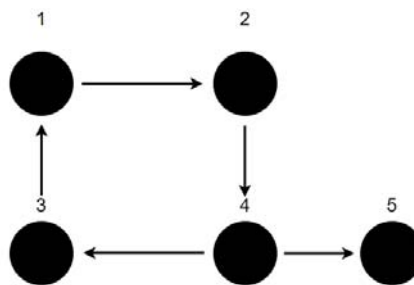
συμπεριλαμβάνονται στο σύνολο όλα τα επιχειρήματα που είναι δυνατό να συμπεριληφθούν. Συνεπώς έχει τις ίδιες ιδιότητες που έχουν και τα ολοκληρωμένα μοντέλα. Θα μπορούσαμε να πούμε πως οι προτιμώμενες επεκτάσεις είναι μια πιο χαλαρή έκδοση των ευσταθών επεκτάσεων, αφού δεν έχουν την απαίτηση να επιτίθονται σε κάθε επιχείρημα που δεν ανήκει στο τελικό σύνολο, αλλά μόνο σε όσα το επιτίθονται. Όσο αφορά τις ευσταθείς επεκτάσεις δεν θα αναφερθούμε σε αυτό το υποκεφάλαιο διότι αφιερώνεται σε αυτές το επόμενο υποκεφάλαιο, λόγω του ότι η εργασία μου επικεντρώνεται σε αυτό το είδος επεκτάσεων.

2.4 Ευσταθές επεκτάσεις

Μια αφηρημένη δομή επιχειρηματολογίας είναι ένα ζευγάρι $AF = (A, R)$ όπου A είναι ένα σύνολο επιχειρημάτων και $R \subseteq A \times A$ είναι το σύνολο επιθετικών σχέσεων ανάμεσα στα επιχειρήματα της AF . Ένα σύνολο $S \subseteq A$ επιχειρημάτων είναι μια ευσταθή επέκταση αν και μόνο αν δεν υπάρχουν συγκρούσεις ανάμεσα στα επιχειρήματα του συνόλου (conflict free) και επιτίθεται σε οποιοδήποτε επιχείρημα ανήκει στο σύνολο A και όχι στο σύνολο S , $A \setminus S$. Τα ευσταθή μοντέλα είναι οι επεκτάσεις που μας ενδιαφέρουν, αφού είναι με βάση αυτά που βρίσκουμε τα σύνολα απαντήσεων στις θεωρίες επιχειρηματολογίας που δημιουργούνται στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής. Ακολουθούν ένα πολύ απλό κανόνα: οι επεκτάσεις που δημιουργούνται πρέπει να επιτίθονται όχι μόνο σε όσα επιχειρήματα επιτίθονται σε επιχειρήματα εσωτερικά της επέκτασης, αλλά σε όλα τα επιχειρήματα που δεν ανήκουν σε αυτή. Εξ' ορισμού, όλες οι ευσταθείς επεκτάσεις είναι ολοκληρωμένα μοντέλα και αποτελούν το μέγιστο σύνολο επιχειρημάτων που δεν έχει συγκρούσεις ανάμεσα στα επιχειρήματα που ανήκουν σε αυτό.

Με βάση το μοντέλο του Vega, μια τυχαία αφηρημένη δομή επιχειρηματολογίας, όπου κάθε επίθεση εμφανίζεται ανεξάρτητα σύμφωνα με μια σταθερή πιθανότητα, σχεδόν πάντα θα έχει ευσταθείς επεκτάσεις. Ο Vega μελέτησε την ύπαρξη πυρήνων (kernels) σε ένα τυχαίο μοντέλο $D(n,p)$ από κατευθυνόμενους γράφους με n κόμβους όπου κάθε μια από τις $n(n-1)$ πιθανές κατευθυνόμενες ακμές εμφανίζεται ανεξάρτητα με πιθανότητα p . Όταν αναφερόμαστε σε πυρήνες, εννοούμε συναρτήσεις οι οποίες επιστρέφουν ομοιότητες ανάμεσα σε ζευγάρια γράφων. Η μελέτη αυτή έδειξε ότι για μια σταθερά

τιμή του p , μεγαλύτερης από το μηδέν, η πιθανότητα του D να έχει κάποιο πυρήνα πλησιάζει το 1, όσο το n πλησιάζει το άπειρο. Το αποτέλεσμα αυτής της μελέτης μπορεί εύκολα να μεταφραστεί στην ύπαρξη ευσταθών επεκτάσεων στις αφηρημένες δομές επιχειρηματολογίας, όπου τα kernels αντιστοιχούν στις ευσταθείς επεκτάσεις και το $D(n,p)$ στην αφηρημένη δομή. Το γεγονός ότι το μοντέλο του Vega σχεδόν πάντα έχει ευσταθείς επεκτάσεις οφείλεται στο ότι κατά μέσο όρο, παράγει την ιδανική αναλογία συμμετρικών σχέσεων, ασχέτως της πιθανότητας δημιουργίας μιας επιθετικής σχέσης. Ο μέσος όρος των ακμών που συμμετέχουν σε μια συμμετρική σχέση συσχετίζεται άμεσα με την πιθανότητα εύρεσης αποδεκτών συνόλων απαντήσεων. Οπότεν σχετικά με τις ευσταθείς επεκτάσεις και τα αποδεκτά σύνολα απαντήσεων στο πρόγραμμα μου έχω προσπαθήσει να έχω κάποιο έλεγχο όσο αφορά τις συμμετρικές ακμές των γράφων. Κάποιος αναγνώστης μπορεί να απευθυνθεί στο [2] για περισσότερες πληροφορίες όσο αφορά το μοντέλο του Vega και την συσχέτιση συμμετρικών σχέσεων με την πιθανότητα ύπαρξης ευσταθών μοντέλων.



Σχήμα 2.8 Παράδειγμα για ευσταθή μοντέλα

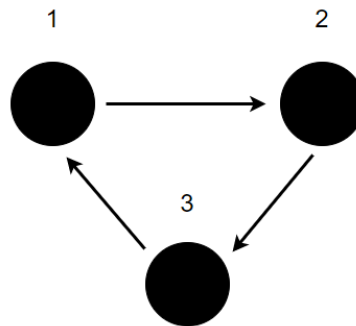
Όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.8, υπάρχει μια ευσταθής επέκταση. Αυτή είναι το σύνολο $\{1, 4\}$ αφού μεταξύ τους δεν έχουν κάποια επιθετική σχέση. Επίσης το μοναδικό επιχείρημα που επιτίθεται στο επιχείρημα 1 είναι το επιχείρημα 3, στο οποίο επιτίθεται το επιχείρημα 4. Όσο αφορά το επιχείρημα 4, βλέπουμε πως το μοναδικό από το οποίο δέχεται επίθεση είναι το επιχείρημα 2, το οποίο δέχεται επίθεση από το 1. Τέλος, το επιχείρημα 5 παρόλο που δεν επιτίθεται ούτε στο επιχείρημα 1 ούτε στο επιχείρημα 4, για να μπορούσαμε να θεωρήσουμε το σύνολο $\{1, 4\}$ ευσταθές, θα έπρεπε να δέχεται επίθεση από τουλάχιστο ένα από αυτά, κάτι το οποίο συμβαίνει αφού δέχεται επίθεση από το επιχείρημα 4.



Σχήμα 2.9 Ευσταθή μοντέλα και συμμετρικές ακμές

Όσο αφορά δομές που περιέχουν συμμετρικές ακμές, δεν μας αποτρέπουν από το να βρούμε ένα ευσταθή μοντέλο. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.9, υπάρχουν δύο ευσταθής επεκτάσεις, η επέκταση $\{1, 3\}$ και $\{1, 4\}$. Τα δύο επιχειρήματα που συμμετέχουν στην συμμετρική σχέση, 3 και 4, δεν μπορούν να είναι σε μια επέκταση ταυτόχρονα, όμως αφού επιτίθενται το ένα στο άλλο, μπορούμε να συμπεριλάβουμε ένα από τα δύο χωρίς να παραβιάσουμε τις απαιτήσεις των ευσταθών επεκτάσεων.

Παρόλα αυτά οι ευσταθείς επεκτάσεις έχουν και τα μειονεκτήματά τους. Δεν είναι πάντα εφικτό να βρούμε κάποιο αποδεκτό σύνολο στο πλαίσιο που επιχειρούμε. Πολλές φορές δεν υπάρχει κάποιο σύνολο το οποίο ικανοποιεί όλες τις ιδιότητες αυτών των επεκτάσεων. Στο Σχήμα 2.10 φαίνεται ξεκάθαρα πως δεν υπάρχουν σύνολα επιχειρημάτων που δεν δέχονται κάποια εξωτερική επίθεση ή να επιτίθενται σε όλα τα επιχειρήματα εκτός συνόλου, χωρίς να υπάρχουν συγκρούσεις εσωτερικά του συνόλου.



Σχήμα 2.10 Κυκλική δομή

Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι για τον υπολογισμό ευσταθών επεκτάσεων. Μερικές από τις πιο αποδοτικές είναι αυτές που στηρίζονται στη μετάφραση του προβλήματος εύρεσης σταθερών επεκτάσεων σε ένα πρόβλημα προτασιακής ικανοποιησιμότητας (propositional satisfiability). Ένα τέτοιο σύστημα είναι το mu-toksia το οποίο χρησιμοποιούμε στα πλαίσια αυτής της εργασίας. Το σύστημα αυτό παίρνει σαν είσοδο θεωρίες επιχειρηματολογίας και επιστρέφει μια επέκταση ή *NO* αν δεν υπάρχει.

Κεφάλαιο 3

Τυχαία Γραφήματα

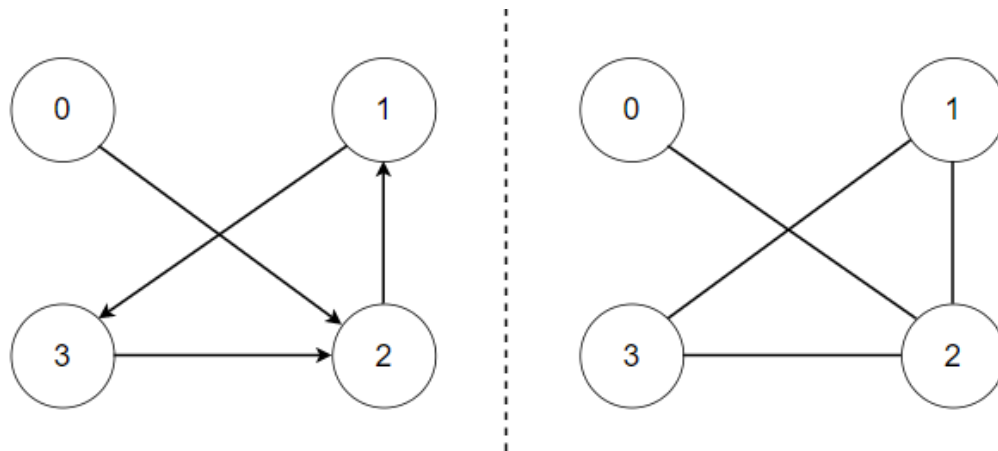
3.1 Βιβλιοθήκη igraph	20
3.2 Ορισμός τυχαίων γραφημάτων	21

3.1 Βιβλιοθήκη igraph

Η βιβλιοθήκη igraph είναι μια συλλογή εργαλείων ανάλυσης δικτύων. Δίνει την δυνατότητα στον προγραμματιστή να κτίσει ένα γράφο από το μηδέν, ή να επιλέξει ένα από τα είδη γραφημάτων και με τις συναρτήσεις δημιουργίας του να κτίσει το κατάλληλο, για αυτόν, γράφημα προμηθεύοντας στην συνάρτηση τις παραμέτρους που απαιτεί. Μπορεί να προγραμματιστεί στις γλώσσες προγραμματισμού R, Python, Mathematica, C/C++. Στα πλαίσια της διπλωματικής μου εργασίας όμως χρησιμοποιούμε την γλώσσα Python.

Από τα γραφήματα που προσφέρει η igraph έχουμε επιλέξει να δουλέψουμε με εννέα από αυτά. Τα γραφήματα είναι: Barabasi, Erdos-Renyi, K-Regular, Static Power Law, Forest Fire, Growing Random, Recent Degree, Static Fitness και Degree Sequence. Κάθε ένας από αυτούς τους γράφους έχει την δικιά του μέθοδο δημιουργίας και απαιτεί κάποιες παραμέτρους σχετιζόμενες με την μορφή του. Οι συναρτήσεις που μας επιτρέπουν να κτίσουμε αυτούς τους γράφους είναι ιδανικές για τους σκοπούς της μελέτης μας αφού ο γράφος που κτίζεται καλώντας την συνάρτηση του είδους του είναι τυχαίος κάθε φορά. Επίσης μας επιτρέπεται να επιλέξουμε κατά πόσο ο γράφος που κτίζεται είναι κατευθυνόμενος ή όχι. Αυτό είναι εξαιρετικά σημαντικό, αφού όπως έχει δηλωθεί πιο πάνω, στη μελέτη ύπαρξης ευσταθών μοντέλων σε ένα γράφημα είναι αρκετά βοηθητικό να μπορούμε να διαχειριζόμαστε και να μελετάμε το ποσοστό συμμετρικών ακμών. Στο πιο κάτω σχήμα στα αριστερά βλέπουμε ένα κατευθυνόμενο γράφο, και στα δεξιά τον ίδιο γράφο αλλά σε μη-κατευθυνόμενο. Δεν εμφανίζονται

βέλη στον δεξί γράφο αφού κάθε ακμή μπορούμε να υπολογίσουμε πως έχει δύο βέλη που δείχνουν προς τους δύο κόμβους της κάθε σχέσης.



Σχήμα 3.1 Κατευθυνόμενος και μη-κατευθυνόμενος γράφος.

Η `igraph` είναι υπεύθυνη για την δημιουργία όλων των γράφων στα προγράμματα μου, και είναι επίσης υπεύθυνη για την διαχείριση των ακμών ενός γραφήματος, όποτε απαιτείται η διαγραφή ή προσθήκη ακμών σε αυτό. Η διαγραφή και πρόσθεση κορυφών σε ένα γράφημα, παρόλο που είναι εφικτό, δεν είναι κάτι που μας ενδιαφέρει στην συγκεκριμένη έρευνα. Γενικά η διεκπεραίωση αυτής της εργασίας βασίζεται πάνω στην βιβλιοθήκη `igraph`, μέσα από την γλώσσα προγραμματισμού Python.

3.2 Ορισμός τυχαίων γραφημάτων

Σε αυτό το υποκεφάλαιο θα δοθούν οι μέθοδοι με τις οποίες δημιουργούμε αρχικά κάθε είδος των τυχαίων γραφημάτων. Επίσης θα δοθεί επεξήγηση κάθε γράφου, ποια είναι η σημασία τους και αναπαραστατικά παραδείγματα. Όλα τα γραφήματα που παρουσιάζονται πιο κάτω είναι αποτελέσματα από τις συναρτήσεις που αναφέρονται για κάθε γράφο από την `igraph`. Παρακάτω περιγράφονται οι γράφοι εξ' ορισμού και οι συναρτήσεις που προσφέρει η `igraph`, όμως στα πλαίσια αυτής της εργασίας τα τελικά γραφήματα μπορεί να αλλοιωθούν ανάλογα με τις απαιτήσεις του χρήστη. Αυτό το κομμάτι εξηγείται στο επόμενο κεφάλαιο. Κάθε ένα από τα γραφήματα που φαίνονται στα επόμενα σχήματα είναι υλοποιημένα μέσα από την `igraph` για πλήρη κατανόηση της λειτουργικότητας της.

3.2.1 Barabasi

Για την δημιουργία ενός γραφήματος Barabasi η `igraph` παρέχει την πιο κάτω συνάρτηση [9, 16]:

```
def Barabasi(n, m, outpref=False, directed=False, power=1, zero_appeal=1,
implementation='psumtree', start_from=None)
```

Εμείς όμως δηλώνουμε τον γράφο δίνοντας τις παραμέτρους ως εξής:

```
def Barabasi(n, m, directed)
```

Όπου:

- `n` είναι ένας ακέραιος αριθμός που δίνει τις κορυφές που θέλουμε να έχει ο γράφος.
- `m` είναι ένας ακέραιος αριθμός ο οποίος είναι ο μέγιστος αριθμός ακμών που θα εξέρχεται από κάθε κορυφή.
- `directed` είναι μια Boolean τιμή όπου αν είναι `True` τότε ο γράφος είναι κατευθυνόμενος, ενώ αν είναι `False` τότε ο γράφος είναι συμμετρικός.

Οι υπόλοιποι παράμετροι παίρνουν την προκαθορισμένη τιμή που τους δίνεται από την `igraph`.

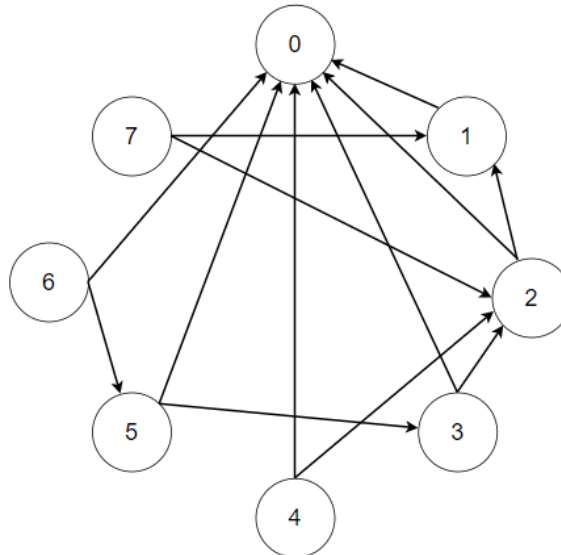
Στην `igraph` αυτός ο γράφος δημιουργείτε με βάση το μοντέλο Barabasi-Albert. Το μοντέλο Barabasi-Albert είναι ένας αλγόριθμος ο οποίος χρησιμοποιεί προνομιακές σχέσεις (preferential attachments) για την δημιουργία μη-κλιμακωμένων (scale-free) τυχαίων γράφων. Ονομάστηκε από τους δημιουργούς του, Albert-László Barabási και Réka Albert.

Τα μη-κλιμακωμένα δίκτυα είναι δίκτυα που ακολουθούν κάποιο νόμο εξουσίας (power law) όσο αφορά την κατανομή βαθμού των κόμβων τους, όπου ο βαθμός ενός κόμβου είναι ο αριθμός συνδέσεων που έχει μαζί με άλλους κόμβους. Τα δύο κύρια χαρακτηριστικά ενός μοντέλου Barabasi-Alber ορίζονται ως εξής [10]:

- Ανάπτυξη ενός δικτύου: Σε κάθε βήμα δημιουργίας του γραφήματος προσθέτουμε ένα καινούργιο κόμβο, ο οποίος ενώνεται με $k \leq m$ κόμβους που υπάρχουν ήδη στο δίκτυο.

- Προνομιούχες σχέσεις: Η πιθανότητα ένας καινούργιος κόμβος να ενωθεί μαζί με ένα προ-υπάρχον κόμβο i εξαρτάται από τον βαθμό του κόμβου i . Όταν προθέτεται ένας καινούργιος κόμβος είναι ελεύθερος να ενωθεί με οποιοδήποτε κόμβο υπάρχει ήδη στο δίκτυο, όμως η πιθανότητα να ενωθεί με ένα κόμβο αυξάνεται ανάλογα με τον βαθμό αυτού του κόμβου. Δηλαδή, ένας κόμβος με βαθμό 3 έχει περισσότερες πιθανότητες να δεχθεί επίθεση από τον καινούργιο κόμβο, παρά ένας κόμβος με βαθμό 1.

Ένα παράδειγμα για κατανόηση αυτών των χαρακτηριστικών είναι η επιλογή βιβλίου για ανάγνωση. Όταν ψάχνουμε κάποιο βιβλίο για να διαβάσουμε, αν ένα βιβλίο A έχει αναφερθεί σε αρκετές ιστοσελίδες κριτικής, αυξάνεται η πιθανότητα να ανακαλύψουμε την ύπαρξη του και τελικά να το επιλέξουμε για να το διαβάσουμε.



Σχήμα 3.2 Κατευθυνόμενος Barabasi, 8 κορυφές, 2 ακμές

Στο Σχήμα 3.2 βλέπουμε ένα γράφημα είδους Barabasi-Albert με 8 κορυφές και 2 ακμές ανά κορυφή. Η πρώτη κορυφή που προστέθηκε στον γράφο ήταν η κορυφή 0, οπότε δεν υπήρχε κάποια άλλη κορυφή για να ενωθεί με αυτή, και έτσι βλέπουμε πως δεν υπάρχουν εξερχόμενες ακμές από την κορυφή 0. Η δεύτερη κορυφή ήταν η κορυφή 1, και αφού υπήρχε μόνο η κορυφή 0 διαθέσιμη βλέπουμε πως η μοναδική εξερχόμενη ακμή από την κορυφή 1 είναι αυτή που κατευθύνεται προς την κορυφή 0. Όλες οι υπόλοιπες κορυφές έχουν από 2 εξερχόμενες ακμές. Είναι εμφανές πως σε ένα τέτοιο γράφημα, μια κορυφή μπορεί να έχει εξερχόμενες ακμές που κατευθύνονται μόνο προς

κορυφές μικρότερης ταυτοποίησης από τον εαυτό τους, και κάθε κορυφή μπορεί να έχει εισερχόμενες ακμές που προέρχονται από κορυφές μεγαλύτερης ταυτοποίησης από τον εαυτό τους.

3.2.2 Erdos-Renyi

Για την δημιουργία ενός γραφήματος Erdos-Renyi η `igraph` παρέχει την πιο κάτω συνάρτηση:

```
def Erdos_Renyi(n, p, m, directed=False, loops=False)
```

Εμείς όμως δηλώνουμε τον γράφο δίνοντας τις παραμέτρους ως εξής:

```
def Erdos_Renyi(n, p, directed)
```

Όπου:

- `n` είναι ένας ακέραιος αριθμός που εκφράζει τον αριθμό των κορυφών του γράφου
- `p` είναι ένας πραγματικός (float) αριθμός που εκφράζει την πιθανότητα εμφάνισης για κάθε πιθανή ακμή (Αν δοθεί πρέπει να λείπει το `m`)
- `directed` είναι μια Boolean τιμή όπου αν είναι `True` τότε ο γράφος είναι κατευθυνόμενος, ενώ αν είναι `False` τότε ο γράφος είναι μη-κατευθυνόμενος

Οι υπόλοιπες τιμές παίρνουν την καθορισμένη τιμή που τους δίνει η `igraph` [9].

Αυτό το μοντέλο είναι ένας συνδυασμός δύο μοντέλων, τα οποία δημιούργησαν οι Paul Erdos και Alfred Renyi. Και τα δύο μοντέλα χρησιμοποιούνται για την παραγωγή τυχαιοποιημένων γραφημάτων. Κάθε φορά που κτίζεται ένας τέτοιος γράφος είναι το αποτέλεσμα ενός από τα δύο μοντέλα.

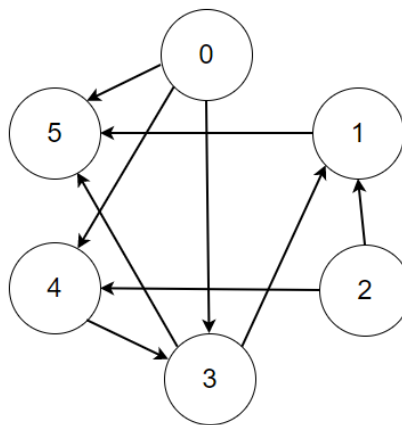
Στο πρώτο μοντέλο δίνεται ο αριθμός των κορυφών και ο συνολικός αριθμός των ακμών που θα έχει ο γράφος, άρα όπως δίνονται στην συνάρτηση της `igraph`, τα `n` και `m` αντίστοιχα. Ο γράφος που θα δημιουργηθεί είναι μια τυχαία επιλογή από όλους τους γράφους που μπορούν να υπάρξουν έχοντας `n` κορυφές και `m` ακμές. Αν υπάρχουν για παράδειγμα 150 τέτοιοι γράφοι, κάθε γράφος έχει πιθανότητα 1/150 να επιλεχθεί ως ο τελικός γράφος [11].

Στο δεύτερο μοντέλο, το οποίο είναι αυτό που μας ενδιαφέρει, όλες οι ακμές έχουν την ίδια πιθανότητα εμφάνισης στον τελικό γράφο. Δίνονται ως παράμετροι ο αριθμός των κορυφών του γράφου και η πιθανότητα εμφάνισης κάθε ακμής. Καμία ακμή δεν εξαρτάται από κάποια άλλη για το αν θα εμφανιστεί ή όχι, και η πιθανότητα εμφάνισης κάθε ακμής είναι η πιθανότητα που φαίνεται στο Σχήμα 3.3.

$$p^M (1 - p)^{\binom{n}{2} - M}.$$

Σχήμα 3.3 Πιθανότητα εμφάνισης ακμών

Όπου p είναι η πιθανότητα που δίνουμε για την εμφάνιση κάθε ακμής, και παίρνει τιμές από το 0 μέχρι το 1, και M είναι ο αριθμός όλων των πιθανών ακμών.



Σχήμα 3.4 Erdos-Renyi με 6 ακμές και πιθανότητα 0.4

Στο Σχήμα 3.4 φαίνεται ένα μοντέλο αυτού του είδους γραφήματος, με 6 ακμές και πιθανότητα εμφάνισης 0.4. Αυτός ο γράφος είναι βασισμένος στο δεύτερο μοντέλο Erdos-Renyi που έχω αναφέρει.

3.2.3 K-Regular

Για την δημιουργία ενός γραφήματος K-regular η `igraph` παρέχει την πιο κάτω συνάρτηση:

```
def K-Regular(n, k, directed=False, multiple=False)
```

Εμείς όμως δηλώνουμε τον γράφο δίνοντας τις παραμέτρους ως εξής:

```
def K-Regular(n, k, directed)
```

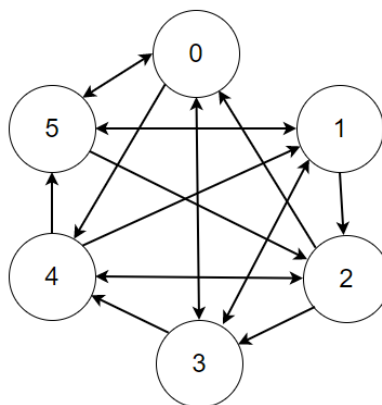
Όπου:

- n είναι ένας ακέραιος αριθμός που δηλώνει τον αριθμό των κόμβων στο γράφημα
- k είναι ένας ακέραιος αριθμός που δηλώνει τον βαθμό κάθε κορυφής, αν ο γράφος δεν είναι κατευθυνόμενος, ή τον αριθμό των εισερχόμενων και εξερχόμενων ακμών κάθε κόμβου αν ο γράφος είναι κατευθυνόμενος.
- `directed` είναι μια Boolean τιμή όπου αν είναι `True` τότε ο γράφος είναι κατευθυνόμενος, ενώ αν είναι `False` τότε ο γράφος δεν είναι κατευθυνόμενος

Οι υπόλοιπες παράμετροι παίρνουν την προκαθορισμένη τιμή που τους δίνει η `igraph` [9].

Ένας γράφος χαρακτηρίζεται ως *regular* αν όλοι του οι κόμβοι έχουν ακριβώς τον ίδιο αριθμό από γείτονες[12], δηλαδή έχουν τον ίδιο βαθμό. Ένας κατευθυνόμενος γράφος που είναι *regular* πρέπει επίσης να ικανοποιεί την ιδιότητα όλοι του οι κόμβοι να έχουν ίσο αριθμό από εξερχόμενες και εισερχόμενες ακμές. Σύμφωνα με αυτή τη λογική, ένας k -regular γράφος είναι αυτός ο γράφος του οποίου όλες οι κορυφές έχουν βαθμό k . Δηλαδή σε κάθε κορυφή θα έχουμε k εξερχόμενες ακμές και k εισερχόμενες.

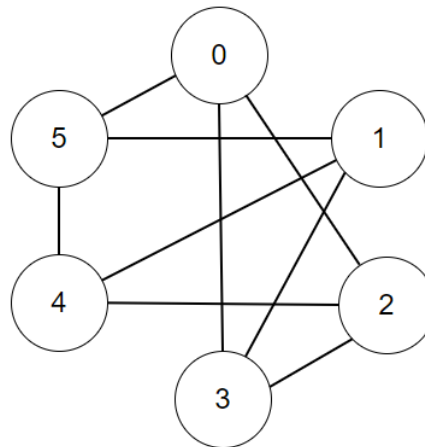
Κάθε k -regular γράφος, αν έχει k βαθμό τότε πρέπει να έχει τουλάχιστον $k+1$ κορυφές. Επίσης ο αριθμός των ακμών του γράφου ισούται με $(N \cdot K)/2$ όπου N είναι ο αριθμός των κορυφών του και K ο βαθμός του. Τέλος, αν ο βαθμός του είναι περιττός αριθμός, τότε ο αριθμός των κορυφών του πρέπει να είναι ζυγός, αφού ο αριθμός των κορυφών του γράφου επί τον βαθμό του πρέπει να μας δίνει ζυγό αποτέλεσμα.



Σχήμα 3.5 Κατευθυνόμενος K -Regular με 6 ακμές και βαθμό 3.

Στο Σχήμα 3.5 φαίνεται ένας k -regular γράφος ο οποίος κτίστηκε με 6 κορυφές και βαθμό 3. Όλες οι κορυφές έχουν από τρεις εξερχόμενες ακμές και από τρεις εισερχόμενες ακμές. Κάποιες από τις σχέσεις μπορούν να είναι συμμετρικές, όπως την σχέση ανάμεσα στις κορυφές 0 και 5. Για παράδειγμα, η κορυφή 2 έχει 3 εξερχόμενες σχέσεις που κατευθύνονται προς τις κορυφές 0, 4 και 3, και έχει επίσης 3 εισερχόμενες ακμές που προέρχονται από τις κορυφές 1, 5 και 4.

Στο Σχήμα 3.6 βλέπουμε και πάλι ένα k -regular γράφο ο οποίος κτίστηκε με 6 κορυφές και βαθμό 3, όμως σε αυτή την περίπτωση ο γράφος ζητήσαμε να είναι μη-κατευθυνόμενος. Βλέπουμε πως κάθε κορυφή έχει ακριβώς 3 σχέσεις ανάμεσα σε άλλες κορυφές.



Σχήμα 3.6 Μη-κατευθυνόμενος K -Regular γράφος με 6 κορυφές και βαθμό 3

3.2.4 Static Power Law

Για την δημιουργία ενός γραφήματος Static power law η `igraph` παρέχει την πιο κάτω συνάρτηση [9]:

```
def Static_Power_Law(n, m, exponent_out, exponent_in=-1, loops=False,
multiple=False, finite_size_correction=True)
```

Εμείς όμως δηλώνουμε τον γράφο δίνοντας τις παραμέτρους ως εξής:

```
def Static_Power_Law(n, m, exponent_out, exponent_in)
```

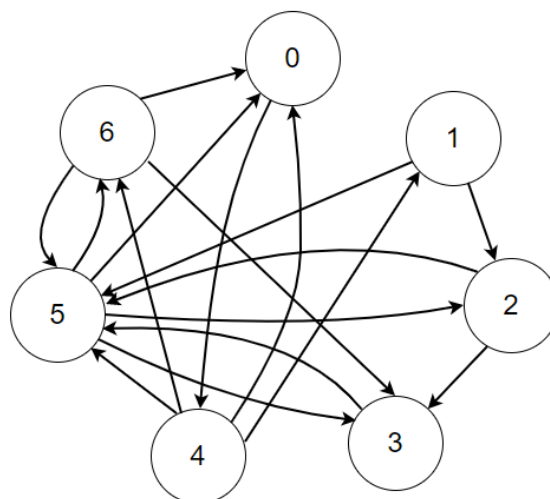
Όπου:

- n είναι ένας ακέραιος αριθμός που δηλώνει τον αριθμό των κόμβων στο γράφημα
- m είναι ένας ακέραιος αριθμός που δηλώνει τον αριθμό των ακμών στο γράφημα
- exponent_out είναι ο εκθέτης της κατανομής βαθμού των εξερχόμενων ακμών, ο οποίος πρέπει να είναι ανάμεσα στο 2 και στο άπειρο.
- exponent_in είναι ο εκθέτης της κατανομής βαθμού των εισερχόμενων ακμών, ο οποίος μπορεί να είναι ανάμεσα στο 2 και στο άπειρο'.

Οι υπόλοιπες παράμετροι παίρνουν την προκαθορισμένη τιμή που τους δίνει η `igraph`.

Ο γράφος `static power law` είναι ένας γράφος ο οποίος ακολουθεί τις δύο ιδιότητες που έχουν αναφερθεί πιο πάνω για τον `barabasi`: είναι ένας μη-κλιμακούμενος γράφος και οι σχέσεις του είναι προνομιούχες.

Έχει πάρει το όνομα του από τον νόμο `power law` που έχει εξηγηθεί για τον `barabasi` γράφο. Η πιο σημαντική παρατήρηση όσο αφορά αυτόν τον γράφο είναι πως όταν εφαρμόζεται αυτός ο νόμος, τείνουμε να έχουμε πολύ λίγες συνδέσεις ανάμεσα στους πλείστους κόμβους, και σε κάποιες πιο μικρές ομάδες κόμβων του ίδιου γράφου να έχουν μεγάλη πυκνότητα ακμών. Αυτές οι ομάδες κόμβων με μεγάλο αριθμό συνδέσεων ανάμεσα τους, σε ένα γράφημα όπου οι υπόλοιποι κόμβοι έχουν σχετικά μικρό αριθμό ακμών, ονομάζονται `hubs`.



Σχήμα 3.7 Static Power Law graph με 7 κόμβους

Στο Σχήμα 3.7 βλέπουμε ένα γράφο τύπου static power law. Ο γράφος αυτός έχει τις εξής παραμέτρους: 7 κόμβους, 17 ακμές, exponent_out 4, exponent_in 3. Παρατηρούμε πως έχει γίνει τέτοια κατανομή βαθμών ώστε να ικανοποιούνται και οι δύο εκθέτες, αλλά ταυτόχρονα ο συνολικός αριθμός των ακμών στον γράφο να είναι 17.

3.2.5 Forest Fire

Για την δημιουργία ενός γραφήματος Forest Fire [9] η igraph παρέχει την πιο κάτω συνάρτηση:

```
def Forest_Fire(n, fw_prob, bw_factor=0.0, ambs=1, directed=False)
```

Δηλώνουμε τον γράφο δίνοντας τις παραμέτρους ως εξής:

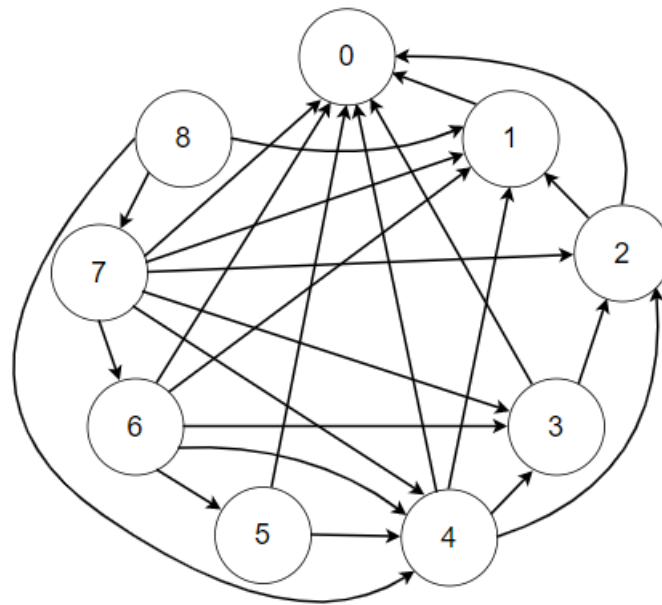
```
def Forest_Fire(n, fw_prob, bw_factor, ambs, directed)
```

Όπου:

- n είναι ένας ακέραιος αριθμός που δηλώνει τον αριθμό των κόμβων στο γράφημα
- fw_prob είναι ένας πραγματικός αριθμός που δείχνει την πιθανότητα φωτιάς προς τα εμπρός
- bw_factor είναι ένας ακέραιος αριθμός που δείχνει την αναλογία της πιθανότητας για φωτιά και προς τα εμπρός και προς τα πίσω
- ambs είναι ένας ακέραιος αριθμός που δείχνει τον αριθμό πρεσβευτών σε κάθε βήμα
- directed είναι μια Boolean τιμή όπου αν είναι True τότε ο γράφος είναι κατευθυνόμενος, ενώ αν είναι False τότε ο γράφος είναι μη-κατευθυνόμενος

Είναι ένα αναπτυσσόμενο μοντέλο δικτύων, δηλαδή προθέτονται μια-μια οι κορυφές και οι ακμές. Για να εξηγηθεί αυτό το μοντέλο, αναφερόμαστε στη λειτουργία του ως μια φωτιά που ξεκινάει και εξαπλώνεται σε ένα δάσος, όπως υπονοεί το όνομα του. Κάθε κελί μπορεί να είναι άδαιο, να έχει μέσα ένα δένδρο ή να έχει κάποιο δένδρο που καίγεται. Ένα κελί που καίγεται θα μετατραπεί σε άδειο και ένα άδειο κελί έχει πιθανότητα p να γεμίσει με κάποιο δένδρο. Ένα κελί που περιέχει δένδρο καίγεται αν υπάρχει κάποιος γείτονας του που έχει πάρει φωτιά, και αν δεν υπάρχει κάποιος γείτονας που καίγεται τότε το κελί έχει πιθανότητα f να πάρει αυτό φωτιά [13].

Το δίκτυο κτίζεται προσθέτοντας μια-μια τις κορυφές. Κάθε καινούργια κορυφή ενώνεται με $ambs$ τυχαίες κορυφές, οι οποίες υπάρχουν ήδη στο γράφο. Για κάθε κορυφή που ενώνεται η καινούργια κορυφή παράγονται δύο τυχαίοι αριθμοί, x και y . Αυτοί οι αριθμοί είναι γεωμετρικά κατανομημένοι με $p(1-p)$ και $rp(1-rp)$, όπου p είναι το fw_prob και r είναι το bw_factor . Άρα η καινούργια κορυφή ενώνει x εξερχόμενους και y εισερχόμενους γείτονες των κορυφών με τις οποίες ενώθηκε, οι οποίοι γείτονες είναι κορυφές με τις οποίες δεν ενώθηκε ακόμη η καινούργια κορυφή [14].



Σχήμα 3.8 Forest Fire graph με 9 κορυφές

Στο πιο πάνω σχήμα φαίνεται ένας γράφος τύπου Forest fire. Αυτός ο γράφος κτίστηκε με 9 κορυφές, fw_prob 0.2, bw_factor 2, και $ambs$ 5. Απ' ότι βλέπουμε καμία κορυφή δεν δέχεται εισερχόμενες ακμές που προέρχονται από κορυφές μικρότερης ταυτοποίησης.

3.2.6 Growing Random

Για την δημιουργία ενός γραφήματος Growing random η `igraph` παρέχει την πιο κάτω συνάρτηση:

```
def Growing_Random(n, m, directed=False, citation=False)
```

Δηλώνουμε τον γράφο δίνοντας τις παραμέτρους ως εξής:

```
def Growing_Random(n, m, directed)
```

Όπου:

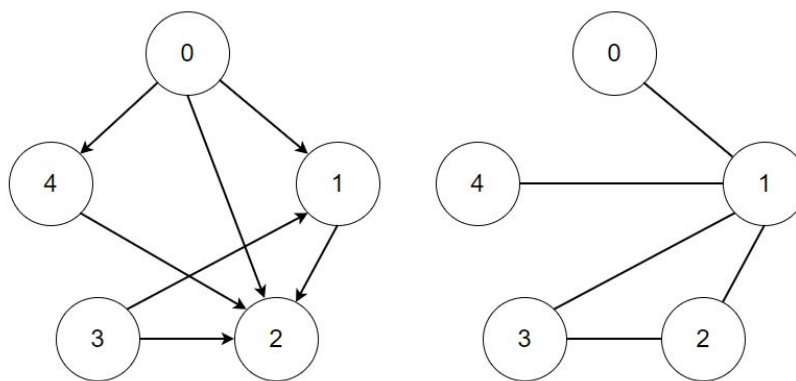
- n είναι ένας ακέραιος αριθμός που δηλώνει τον αριθμό των κόμβων στο γράφημα
- m είναι ένας ακέραιος αριθμός ο οποίος δείχνει πόσες ακμές θα προστεθούν σε κάθε βήμα
- `directed` είναι μια Boolean τιμή όπου αν είναι True τότε ο γράφος είναι κατευθυνόμενος, ενώ αν είναι False τότε ο γράφος είναι μη-κατευθυνόμενος

Οι υπόλοιπες παράμετροι παίρνουν τις προκαθορισμένες τιμές της `igraph` [9].

Όπως έχει εξηγηθεί και για άλλα γραφήματα, ένας γράφος είναι αναπτυσσόμενος (*growing*) όταν προθέτεται κάθε κορυφή βήμα προς βήμα. Ένα παράδειγμα κατανόησης είναι η συγγραφή ενός άρθρου και η βιβλιογραφία του. Ένα άρθρο θα έχει ως βιβλιογραφία πηγές οι οποίες υπάρχουν ήδη. Μετά την έκδοση του άρθρου, θα αποκτήσει και αυτό το καινούργιο άρθρο την ευκαιρία να χρησιμοποιηθεί ως πηγή αναφοράς σε κάποιο άλλο μελλοντικό άρθρο.

Υπάρχουν δύο τρόποι να κτιστεί ένας τέτοιος γράφος, οι οποίοι εξαρτώνται από την παράμετρο `citation`. Αν αυτή η παράμετρος έχει την τιμή `true`, τότε για κάθε καινούργια κορυφή του γράφου, οι ακμές που θα προστεθούν προέρχονται από την καινούργια κορυφή. Αν όμως αυτή η παράμετρος δεν δοθεί ή είναι `false`, τότε ενώνονται δύο τυχαία επιλεγμένες κορυφές για κάθε ακμή. Και στις δύο περιπτώσεις η τυχαία επιλογή γίνεται με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να διατηρείτε μια ομοιομορφία. Στα προγράμματα που έχω κτίσει, αυτό το είδος γράφου παίρνει πάντα την προκαθορισμένη τιμή `false` για την παράμετρο `citation`.

Στο Σχήμα 3.9 φαίνονται δύο *growing random* γράφοι, στα αριστερά ένας κατευθυνόμενος και στα δεξιά ένας μη-κατευθυνόμενος. Ζήτησα από την `igraph` να μου φτιάξει και τους δύο γράφους με ίδιες παραμέτρους απλά με διαφορά πως ένας είναι κατευθυνόμενος και ο άλλος όχι. Και για τους δύο γράφους ζήτησα να έχουν 5 κορυφές και 3 ακμές.



Σχήμα 3.9 Growing random graphs

3.2.7 Recent Degree

Για την δημιουργία ενός γραφήματος Recent Degree η *igraph* παρέχει την πιο κάτω συνάρτηση:

```
def Recent_Degree(n, m, window, outpref=False, directed=False, power=1)
```

Δηλώνουμε τον γράφο δίνοντας τις παραμέτρους ως εξής:

```
def Recent_Degree(n, m, window, outpref, directed)
```

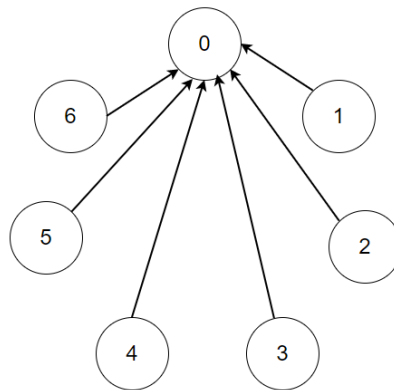
Όπου:

- *n* είναι ένας ακέραιος αριθμός που δηλώνει τον αριθμό των κόμβων στο γράφημα
- *m* είναι ένας ακέραιος αριθμός ο οποίος είναι οι εξερχόμενες ακμές που παράγονται για κάθε κορυφή.
- *window* είναι ένας ακέραιος αριθμός ο οποίος δείχνει το μέγεθος του παραθύρου
- *outpref* είναι μια Boolean τιμή όπου αν είναι True τότε ο εξερχόμενος βαθμός μιας κορυφής πρέπει να αυξήσει την πιθανότητα ένωσης με άλλες κορυφές, το ίδιο και ο εισερχόμενος βαθμός, διαφορετικά όλες οι κορυφές ενώνονται με την πρώτη κορυφή.
- *directed* είναι μια Boolean τιμή όπου αν είναι True τότε ο γράφος είναι κατευθυνόμενος, ενώ αν είναι False τότε ο γράφος είναι μη-κατευθυνόμενος

Οι υπόλοιπες παράμετροι παίρνουν τις προκαθορισμένες τιμές της *igraph* [9].

Η μέθοδος αυτή δημιουργεί ένα γράφο όπου η πιθανότητα μια ακμή να αποκτήσει μια νέα κορυφή είναι ανάλογη με το πόσες ακμές αποκτήθηκαν σε ένα συγκεκριμένο χρονικό παράθυρο. Σημαντικό ρόλο παίζει η παράμετρος `outpref` αφού αν είναι `false` τότε καμία κορυφή δεν ενώνεται με κάποια άλλη κορυφή εκτός από την κορυφή 0, αφού η πιθανότητα ένωσης κορυφών δεν αυξάνεται.

Η παράμετρος `window` είναι το πόσοι ξεχωριστοί και ανεξάρτητοι υπογράφοι μπορούν να δημιουργηθούν εντός του γράφου που θα κτιστεί, σε πόσα τμήματα μπορεί να χωριστεί. Αυτοί οι υπογράφοι είναι ξεχωριστά γραφήματα που μπορούν να εντοπιστούν σε ένα γράφο. Κάθε τέτοιο υπό-γράφημα έχει συνδέσεις εσωτερικά του γραφήματος και κάθε κόμβος του δεν συνδέεται μαζί με κάποιον άλλο κόμβο του συνολικού γραφήματος, μόνο με όσους κόμβους ανήκουν στον υπογράφο του. Ένας συνδεδεμένος γράφος τον οποίο δεν μπορούμε να διαχωρίσουμε σε υπογράφους με βάση το πιο πάνω κριτήριο, έχει παράθυρο 1, δηλαδή υπάρχει μόνο ένα τμήμα το οποίο είναι ολόκληρος ο γράφος.

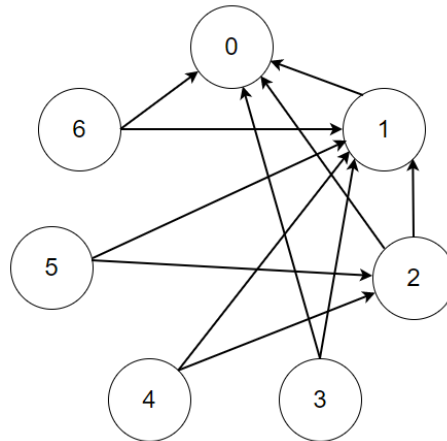


Σχήμα 3.10 Recent degree graph, `outpref=False`

Στο Σχήμα 3.10 δίνεται ένας κατευθυνόμενος recent degree γράφος με 7 κορυφές, 2 ακμές, παράθυρο 1 και `outpref False`. Μπορούμε να αντιληφθούμε πως καμία κορυφή δεν ενώνεται με κάποια άλλη κορυφή εκτός από την κορυφή 0, η οποία δεν έχει καμία εξερχόμενη ακμή.

Στο Σχήμα 3.11 δίνεται ένας κατευθυνόμενος recent degree γράφος, και πάλι με 7 κορυφές, 2 ακμές και παράθυρο 1, αλλά αυτή τη φορά το `outpref` είναι `True`.

Παρατηρούμε πως σε αυτή την περίπτωση αυξάνεται η πιθανότητα ένωσης των κορυφών με άλλες κορυφές εκτός από την κορυφή 0.



Σχήμα 3.11 Recent degree graph, outpref=True

3.2.8 Static Fitness

Για την δημιουργία ενός γραφήματος Static Fitness η *igraph* παρέχει την πιο κάτω συνάρτηση:

```
def Static_Fitness(m, fitness_out, fitness_in=None, loops=False, multiple=False)
```

Δηλώνουμε τον γράφο δίνοντας τις παραμέτρους ως εξής:

```
def Static_Fitness(m, fitness_out, fitness_in)
```

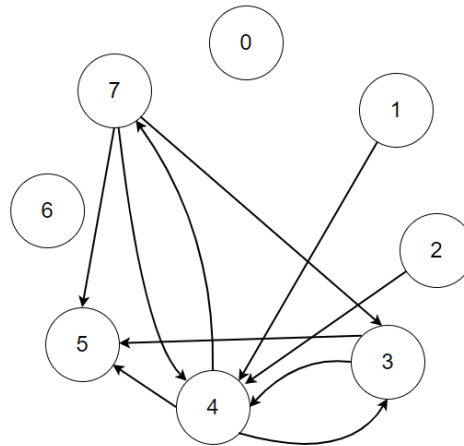
Όπου:

- *m* είναι ένας ακέραιος αριθμός ο οποίος είναι ο αριθμός των ακμών στο γράφο
- *fitness_out* είναι λίστα η οποία περιέχει ακέραιους μη-αρνητικούς αριθμούς που αντιπροσωπεύουν την πιθανότητα κάθε κορυφής να έχει εξερχόμενη ακμή.
- *fitness_in* είναι λίστα η οποία περιέχει ακέραιους μη-αρνητικούς αριθμούς που αντιπροσωπεύουν την πιθανότητα κάθε κορυφής να έχει εισερχόμενη ακμή.

Οι υπόλοιπες παράμετροι παίρνουν τις προκαθορισμένες τιμές της *igraph* [9].

Αυτό το είδος γράφου είναι ένας μη-αναπτυσσόμενος γράφος του οποίου η πιθανότητα εμφάνισης μιας ακμής αντιστοιχεί στην τιμή που έχουν οι κορυφές στους πίνακες *fitness_in*, *fitness_out*. Για κάθε ακμή επιλέγονται τυχαία δύο κόμβοι για να ενωθούν και συνεχίζεται αυτή η διαδικασία μέχρι να ικανοποιηθεί ο αριθμός ακμών που θέλουμε να έχει ο γράφος. Φυσικά, η επιλογή αυτού του ζευγαριού κορυφών δεν είναι εντελώς

τυχαία, κάθε κορυφή έχει πιθανότητα να συμμετέχει σε μια σχέση ανάλογη με την τιμή της στους πίνακες `fitness_out` και `fitness_in` για το αν θα είναι ο προορισμός ή η πηγή της ακμής αντίστοιχα. Σε ένα κατευθυνόμενο γράφο η πιθανότητα εμφάνισης μιας κορυφής ως η πηγή της ακμής είναι το `out_fitness`, ενώ η πιθανότητα να υπάρξει στόχος είναι το `in_fitness`.



Σχήμα 3.12 Static fitness directed

Στο Σχήμα 3.12 βλέπουμε ένα κατευθυνόμενο static fitness γράφημα με 8 κορυφές, 10 ακμές, `fitness_out` [1, 3, 5, 7, 10, 0, 0, 13] και `fitness_in` [0, 0, 0, 3, 20, 9, 11].

3.2.9 Degree Sequence

Για την δημιουργία ενός γραφήματος Degree Sequence η `igraph` παρέχει την συνάρτηση[9]:

```
def Degree_Sequence(out, in_=None, method='simple')
```

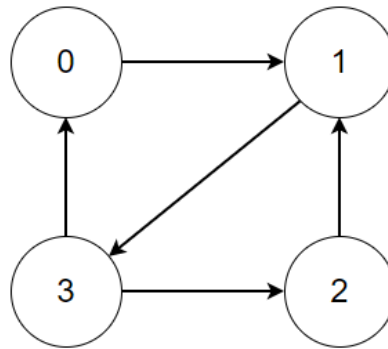
Δηλώνουμε τον γράφο δίνοντας τις ίδιες παραμέτρους ως εξής:

```
def Static_Fitness(out, in, method)
```

Όπου:

- `out` είναι μια λίστα με ακέραιους αριθμούς που αντιπροσωπεύουν τον αριθμό των εξερχόμενων ακμών κάθε κορυφής
- `in` είναι μια λίστα με ακέραιους αριθμούς που αντιπροσωπεύουν τον αριθμό των εισερχόμενων ακμών κάθε κορυφής
- `method` είναι μια συμβολοσειρά που περιγράφει την μέθοδο που θα ακολουθήσει ο αλγόριθμος για να κτίσει τον γράφο. Δίνονται 3 επιλογές:

- **simple:** Είναι ένας απλός τρόπος δημιουργίας του γράφου, που όμως καθιστά πιθανό να υπάρχουν ακμές των οποίων η πηγή και ο στόχος είναι η ίδια κορυφή. Επίσης μπορεί να υπάρχουν πολλαπλές ακμές.
- **no-multiple:** Λειτουργεί με παρόμοιο τρόπο όπως και η πρώτη επιλογή, όμως αποφεύγει την δημιουργία ακμών με ίδια πηγή και προορισμό, και αποφεύγει την δημιουργία πολλαπλών ακμών. Αν έρθει αντιμέτωπο με ένα από τα δύο ξανά ξεκινά από την αρχή το κτίσιμο του γράφου μέχρι να δημιουργηθεί ένας γράφος χωρίς κάποιο από τα 2.
- **vl:** Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιείται κυρίως για την δημιουργία μη-κατευθυνόμενων γράφων.



Σχήμα 3.13 Directed degree sequence graph

Στο πιο πάνω σχήμα φαίνεται ένας degree sequence γράφος που κτίστηκε με την μέθοδο simple και το $out = [1, 1, 1, 2]$, $in = [1, 2, 1, 1]$. Απ' ότι βλέπουμε έχει 4 κορυφές και κάθε κορυφή έχει ακριβώς τον αριθμό εξερχόμενων ακμών που περιγράφει ο πίνακας out στην θέση της ταυτοποίησης της. Αντίστοιχα και για τις εισερχόμενες ακμές των κορυφών. Το άθροισμα των τιμών του πίνακα out πρέπει να ισούται με το άθροισμα του πίνακα in. Για παράδειγμα η κορυφή 1 έχει μια εξερχόμενη και 2 εισερχόμενες, όπως στις λίστες out, in στην δεύτερη θέση του πίνακα, την θέση 1 (ξεκινώντας την ταυτοποίηση από το 0).

Κεφάλαιο 4

Δημιουργία Γραφημάτων

4.1 Εκδοχές προγραμμάτων	37
4.2 Περιγραφή αρχείων εισόδου και δομής γραφημάτων 1	38
4.3 Περιγραφή αρχείων εισόδου και δομής γραφημάτων 2	41
4.4 Παράμετρος percentage	44
4.5 Πολλαπλές τιμές σε παραμέτρους	64
4.6 Παράμετρος instances	69

4.1 Εκδοχές προγραμμάτων

Για τον σκοπό της εργασίας αυτής έχω δημιουργήσει δύο πανομοιότυπα προγράμματα που διαφέρουν απλά στον τρόπο διαχείρισης των συμμετρικών ακμών για διατήρηση της πυκνότητας του γραφήματος. Τα προγράμματα είναι τα `graphgeneratorV1.py`, `graphgeneratorV2.py`. Ο λόγος για τον οποίο έχουμε δύο εκδοχές είναι για πειραματικούς σκοπούς. Όσο αφορά τις υπόλοιπες λειτουργίες, πέραν της διαχείρισης της πυκνότητας, είναι οι ίδιες.

Στα προγράμματα ο χρήστης επιλέγει για τους υπογράφους το ποσοστό των συμμετρικών ακμών που θα έχουν στην πρώτη φάση της υλοποίησης τους, και το ποσοστό των συμμετρικών ακμών του τελικού γράφου. Στο πρώτο version επιλέγει για κάθε γράφο, είτε αυτός είναι ο τελικός είτε για τους υπογράφους, αν θα τροποποιήσουμε τις ακμές λαμβάνοντας υπόψη να κρατήσουμε την αρχική πυκνότητα και την συνοχή του γράφου ή όχι. Ενώ στο δεύτερο version αυτό αποφασίζεται αυτόματα ανάλογα με το αν ο γράφος είναι κατευθυνόμενος ή όχι. Ο αναγνώστης θα καταλάβει περισσότερο την διαφορά υλοποίησης σε επόμενα υποκεφάλαια.

4.2 Περιγραφή αρχείων εισόδου και δομής γραφημάτων 1

Η περιγραφή της δομής του τελικού γράφου δίνεται αρχικά από τον χρήστη σε ένα .txt αρχείο εισόδου, το οποίο πρέπει να βρίσκεται στον ίδιο φάκελο που βρίσκεται και το πρόγραμμα. Έστω το αρχείο input.txt όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.1.

```
instances:1
hypergraph:9
hypergraphfile:degreesequence.txt
edgesbetweensub:2
subgraphsnum:1
subgraphs:1
subgraphfiles:barabasisub.txt
percentagesofsubgraphs:100
percentage:50
```

Σχήμα 4.1 Αρχείο εισόδου 1

```
instances:1
hypergraph:9
hypergraphfile:degreesequence.txt
edgesbetweensub:2
subgraphsnum:1
subgraphs:1
subgraphfiles:barabasisub.txt
percentagesofsubgraphs:100
percentage:50
keepdensity:1
```

Σχήμα 4.2 Αρχείο εισόδου 2

Στο Σχήμα 4.1 βλέπουμε 9 παραμέτρους:

- instances: Πόσοι τυχαίοι γράφοι θέλουμε να δημιουργηθούν που έχουν τα πιο κάτω χαρακτηριστικά. Αν δεν δοθεί, η προκαθορισμένη τιμή είναι 1.
- hypergraph: Το είδος γραφήματος που θα είναι ο υπεργράφοι. Αυτή η παράμετρος είναι υποχρεωτική. Παίρνει ένα ακέραιο αριθμό από το 1 μέχρι το 9, συμπεριλαμβανομένων.
- hypergraphfile: Το αρχείο που περιγράφει τον υπεργράφο. Αυτή η παράμετρος είναι υποχρεωτική.
- edgesbetweensub: Πόσες ακμές θα αντιπροσωπεύουν τις ακμές του υπεργράφου, ενώνοντας τους αντίστοιχους υπογράφους. Από τον αριθμό που δίνεται και για κάθε δύο υπογράφους που ενώνονται με βάση τις σχέσεις του υπεργράφου, επιλέγεται ένας τυχαίος αριθμός από το 1 μέχρι τον αριθμό της παραμέτρου. Αυτή η παράμετρος είναι υποχρεωτική.
- subgraphsnum: Πόσοι διαφορετικοί υπογράφοι θα υπάρχουν στον τελικό γράφο. Αυτή η παράμετρος είναι υποχρεωτική.
- subgraphs: Ποια είναι αυτά τα είδη υπογράφων που θα αντιπροσωπεύουν τις κορυφές του υπεργράφου. Παίρνει τιμές από 1 μέχρι 9 συμπεριλαμβανομένων. Αυτή η παράμετρος είναι υποχρεωτική.

- `subgraphfiles`: Τα αρχεία που περιγράφουν την δομή των υπογράφων, κάθε αρχείο είναι αντίστοιχο σε κάθε είδος που αναφέρεται στην παράμετρο `subgraphs`. Αυτή η παράμετρος είναι υποχρεωτική.
- `percentagesofsubgraphs`: Πόσο τις εκατό αποτελεί κάθε υπογράφος, αντίστοιχα, από τις κορυφές του υπεργράφου. Το συνολικό άθροισμα των τιμών που δίνονται σε αυτή την παράμετρο πρέπει να είναι 100. Μπορούν να δοθούν ακέραιοι ή πραγματικοί αριθμοί. Αυτή η παράμετρος είναι υποχρεωτική.
- `percentage`: Το συνολικό ποσοστό των συμμετρικών ακμών του τελικού γράφου. Αν δεν δοθεί, η προκαθορισμένη της τιμή είναι -1. Αν αυτή η παράμετρος έχει τιμή -1 τότε δεν γίνεται καμία αλλαγή όσο αφορά το ποσοστό των συμμετρικών ακμών του τελικού γράφου.

Στο Σχήμα 4.2 βλέπουμε πως υπάρχει μια επιπλέον παράμετρος, η παράμετρος `keepdensity`. Αυτή η παράμετρος δίνεται μόνο στην περίπτωση που τρέχουμε την πρώτη εκδοχή, `graphgeneratorV1.py`. Αν έχει την τιμή 1 τότε οι προσθήκες/αφαιρέσεις που θα κάνουμε για την επίτευξη του ποσοστού συμμετρικών ακμών που έχει ζητηθεί από τον χρήστη, γίνονται προσπαθώντας να διατηρήσουμε την αρχική πυκνότητα, μέχρι το σημείο που καθιστάτε δυνατό. Αν έχει την τιμή 0 τότε δεν ασχολούμαστε με το να διατηρήσουμε την πυκνότητα του γράφου. Η προκαθορισμένη τιμή που παίρνει είναι 0.

Όσο αφορά τις παραμέτρους `hypergraph`, `subgraphs` μπορούν να πάρουν ένα ακέραιο αριθμό από το 1 μέχρι και το 9, συμπεριλαμβανομένων. Αυτοί οι αριθμοί αντιπροσωπεύουν τα μοντέλα που αναφέρθηκαν στο κεφάλαιο 2, με την πιο κάτω σειρά:

1. Barabasi graph
2. Erdos-renyi graph
3. K-regular graph
4. Static power law graph
5. Forest fire graph
6. Growing random graph
7. Recent degree graph
8. Static fitness graph
9. Degree sequence graph

Η διαδικασία που ακολουθείται είναι: Αρχικά κτίζεται ο υπεργράφος και οι κορυφές του αντιστοιχούν σε υπογράφους όπως δηλώνονται στο αρχείο εισόδου. Αν ο υπεργράφος έχει n κορυφές τότε ο τελικός γράφος θα αποτελείτε από n υπογράφους. Αν αυτοί οι υπογράφοι έχουν στην παράμετρο του percentage, στο αρχείο περιγραφής τους, οποιαδήποτε άλλη τιμή εκτός από το -1 , τότε κατά την υλοποίηση τους προσθέτουμε/αφαιρούμε ακμές για να ικανοποιήσουμε το ποσοστό που απαιτείτε. Στη συνέχεια ενώνουμε τους υπογράφους με τέτοιο τρόπο ώστε να αντιστοιχούν τις σχέσεις που έχουν ανάμεσα τους οι κόμβοι του υπεργράφου. Τέλος αν υπάρχει percentage άνισο του -1 στο αρχικό αρχείο εισόδου, τότε στον συνολικό γράφο επεξεργαζόμαστε τις ακμές έτσι ώστε να φτάσουμε στο ποσοστό των συμμετρικών ακμών που έχει ζητήσει ο χρήστης. Όταν ολοκληρωθεί ο τελικός γράφος τότε επιστρέφεται ένα αρχείο το οποίο περιέχει τους κόμβους του τελικού γράφου και τις σχέσεις ανάμεσα τους.

Κάθε είδος γραφήματος έχει τις δικές του ιδιότητες και λαμβάνει ξεχωριστές παραμέτρους στην συνάρτηση δημιουργίας του, οπότε στις παραμέτρους του input.txt που δίνονται τα αρχεία των γράφων, hypergraphfile και subgraphfiles, πρέπει να δίνουμε διαφορετικά αρχεία για κάθε είδος μοντέλου. Τα αρχεία αυτά περιγράφονται πιο κάτω.

Για κάθε αρχείο που περιγράφεται για τους υπογράφους και για τους υπεργράφους, η παράμετρος directed δηλώνει αν ο γράφος που θα κτιστεί θα είναι κατευθυνόμενος ή όχι. Αν πάρει την τιμή 1 τότε ο γράφος θα είναι κατευθυνόμενος, ενώ αν πάρει την τιμή 0 τότε ο γράφος δεν θα είναι κατευθυνόμενος, δηλαδή όλες του οι ακμές αρχικά θα είναι συμμετρικές. Αν δεν δοθεί αυτή η παράμετρος τότε παίρνει την τιμή 1, και ο γράφος θα είναι κατευθυνόμενος. Για κάθε αρχείο των υπογράφων η παράμετρος percentage δηλώνει το ποσοστό των συμμετρικών ακμών που θέλουμε να έχει ο συγκεκριμένος υπογράφος. Αν δεν δοθεί αυτή η παράμετρος ή αν δοθεί έχοντας την τιμή -1 σημαίνει πως δεν θα κάνουμε καμία αλλαγή στις ακμές του υπογράφου και θα παραμείνουν όπως έχουν κατανεμηθεί από την συνάρτηση του γράφου. Τα αρχεία των υπογράφων παίρνουν τις ίδιες τιμές που παίρνουν και τα αρχεία των υπεργράφων, ανάλογα με το είδος τους, με μια παράμετρο επιπλέον, την παράμετρο percentage. Τα αρχεία των υπεργράφων δεν παίρνουν αυτή τη παράμετρο.

Οι παράμετροι `directed` και `percentage` (για υπογράφους) είναι προαιρετικές και αν δεν δοθούν τους δίνεται η προκαθορισμένη τιμή που έχουμε θέσει. Οι υπόλοιπες παράμετροι όπως ορίζονται στα πιο κάτω αρχεία είναι υποχρεωτικές και για να λειτουργήσουν σωστά τα προγράμματα δεν πρέπει να παραληφθούν.

4.3 Περιγραφή αρχείων εισόδου και δομής γραφημάτων 2

Ο αναγνώστης μπορεί να απευθυνθεί στο Παράρτημα Α για την περιγραφή των αρχείων που περιγράφουν την δομή κάθε είδους υπεργράφου και υπογράφου και την χρήση τους κατά την υλοποίηση ενός γραφήματος. Εξηγείται πως κτίζεται ο τελικός γράφος με βάση την αρχική δομή του υπεργράφου χρησιμοποιώντας τους υπογράφους που δίνονται. Ο χρήστης όμως μπορεί να επιλέξει να αντιπροσωπεύσει τους κόμβους του υπεργράφου με περισσότερα από ένα μοντέλα υπογράφων. Το πόσους από τους κόμβους του υπεργράφου θα αντιπροσωπεύει κάθε υπογράφος δηλώνεται στην παράμετρο `percentagesofsubgraphs` για κάθε υπογράφο αντίστοιχα. Οι υπογράφοι αντιπροσωπεύουν τις κορυφές του υπεργράφου με την σειρά που δηλώνονται.

```
instances:1
hypergraph:3
hypergraphfile:kregular.txt
edgesbetweensub:2
subgraphsnum:3
subgraphs:1 2 5
subgraphfiles:barabasisub.txt erdosrenyisub.txt forestfiresub.txt
percentagesofsubgraphs:50 25 25
```

Σχήμα 4.3 input.txt

```
vertices:4
degree:1
directed:1
```

Σχήμα 4.4 kregular.txt

```
vertices:3
edges:2-3
directed:1
```

Σχήμα 4.5 barabasisub.txt

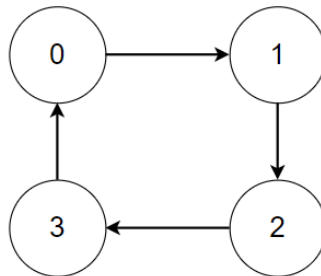
```
vertices:2
probability:0.7
directed:1
```

Σχήμα 4.6 erdosrenyisub.txt

```
vertices:5
fw_prob:0.2
bw_factor:2
ambs:5
directed:1
```

Σχήμα 4.7 forestfiresub.txt

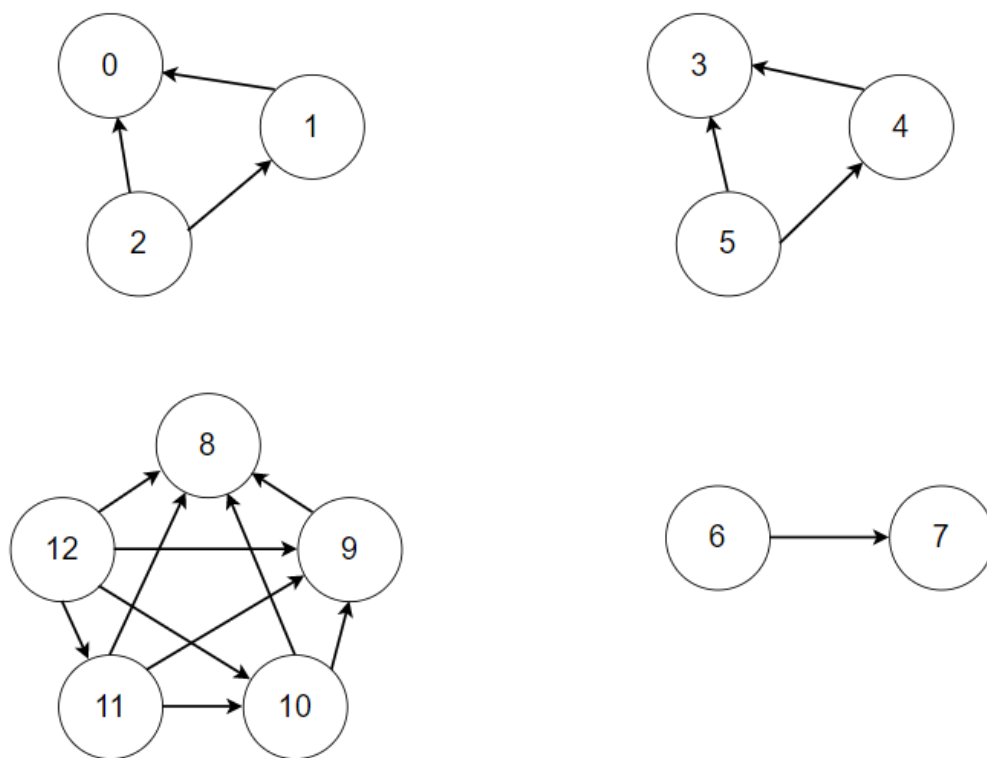
Στα σχήματα 4.3 μέχρι 4.7 περιγράφονται τα αρχεία ενός γραφήματος που περιέχει περισσότερα από 1 είδη υπογράφων. Ο υπεργράφος k -regular αποτελείται από 4 κόμβους. Οπότε αφού ο υπογράφος barabasi αποτελεί το 50% του υπεργράφου, θα έχουμε 2 υπογράφους barabasi που αντιστοιχούν στους κόμβους 0 και 1 του υπεργράφου. Θα έχουμε επίσης 1 υπογράφο erdos-renyi και 1 υπογράφο forest fire αφού αποτελούν από 25% των κόμβων του υπεργράφου. Ακολουθεί παράδειγμα εκτέλεσης στην οποία δόθηκαν τα πιο πάνω αρχεία.



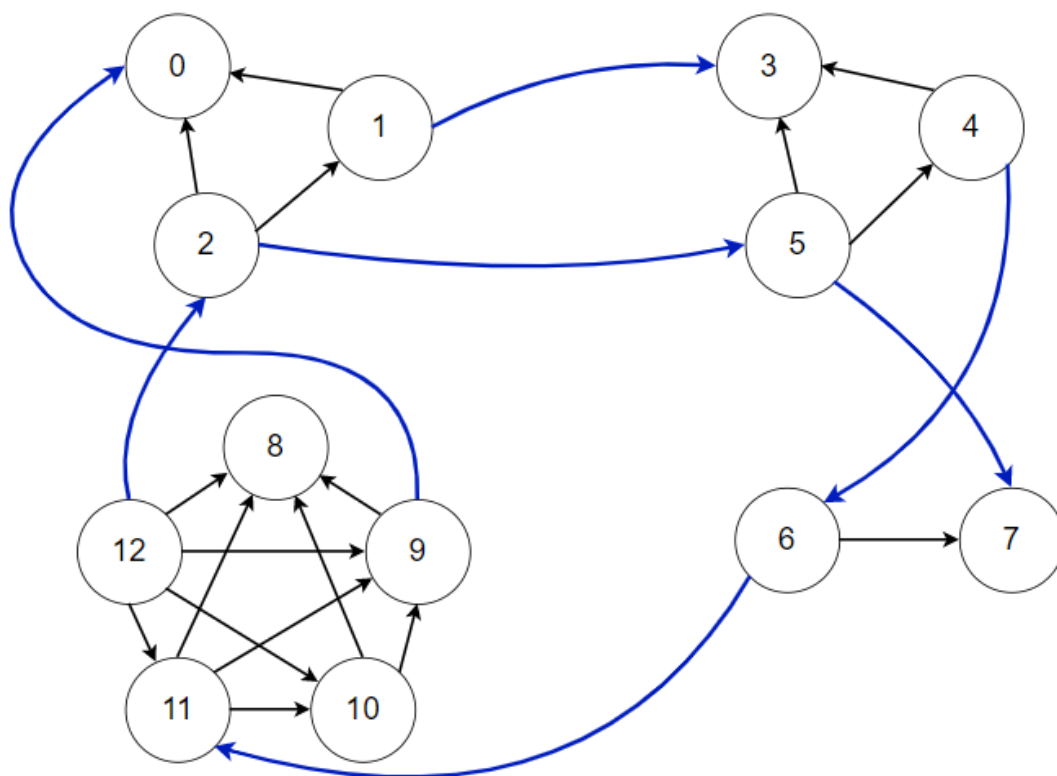
Σχήμα 4.8 K-regular hypergraph

Στο Σχήμα 4.8 είναι ο τυχαίος K -regular υπεργράφος που κτίστηκε για αυτή την εκτέλεση.

Στο Σχήμα 4.9 φαίνονται όλοι οι υπογράφοι αρχικά πριν ενωθούν μεταξύ τους. Οι κορυφές 0 μέχρι 2 και 3 μέχρι 5 είναι barabasi μοντέλα και αντιπροσωπεύουν τις κορυφές 0 και 1 του υπεργράφου, αντίστοιχα. Οι κορυφές 6 και 7 είναι μοντέλο erdos-renyi και αντιπροσωπεύουν την κορυφή 2 του υπεργράφου. Οι κορυφές 8 έως 12 είναι μοντέλο forest fire και αντιπροσωπεύουν την κορυφή 3 του υπεργράφου.



Σχήμα 4.9 Subgraphs, types 1, 2 and 5



Σχήμα 4.10 Final graph

Στο Σχήμα 4.10 φαίνεται ο τελικός γράφος αυτού του παραδείγματος. Οι μπλε ακμές παρουσιάζουν τις ακμές που χρησιμοποιήθηκαν για να ενώσουν τους διάφορους υπογράφους έτσι ώστε να αντιστοιχούν στην δομή του υπεργράφου όπως φαίνεται στο σχήμα 4.8.

Σε κάθε εκτέλεση οι γράφοι κτίζονται τυχαία από τις συναρτήσεις υλοποίησης της *igraph*. Επίσης για κάθε ακμή του υπεργράφου, επιλέγουμε τυχαία μια κορυφή από κάθε υπογράφο που αντιστοιχεί στις κορυφές του υπεργράφου που συμμετέχουν στην σχέση της ακμής. Έτσι για κάθε ακμή που ενώνει δύο υπογράφους επιλέγεται όσο πιο τυχαία γίνεται.

Όσο αφορά την παράμετρο *instances*, αν παίρναμε το αρχείο στο σχήμα 4.3 και αλλάζαμε μόνο την παράμετρο *instances* και αντί να έχει την τιμή 1, να είχε την τιμή 2, τότε θα πέρναμε δύο αποτελέσματα από τελικούς γράφους παρόμοιους με το σχήμα 4.10. Οι δύο γράφοι που θα είχαμε ως αποτέλεσμα θα είχαν ακριβώς τα ίδια χαρακτηριστικά, αλλά δεν θα ήταν εντελώς ίδιοι αφού η διαδικασία είναι όσο πιο τυχαιοποιημένη γίνεται. Το ίδιο ισχύει για οποιαδήποτε τιμή δοθεί στην παράμετρο *instances*, θα δημιουργήσει τόσους γράφους όσους αναφέρει η παράμετρος που έχουν τα χαρακτηριστικά κάθε συνδυασμού που δίνεται στα αρχεία.

4.4 Παράμετρος percentage

Η παράμετρος *percentage* δηλώνει πόσο θέλουμε να είναι το ποσοστό των συμμετρικών ακμών ενός γράφου. Η διαδικασία που ακολουθούμε για να ικανοποιήσουμε αυτή τη παράμετρο είναι πρώτα να υλοποιείται ο κάθε γράφος μέσω των συναρτήσεων της *igraph* και μετά επιλέγουμε τυχαία ακμές για διαγραφή ή προσθήκη, ανάλογα με το αν το επιθυμητό ποσοστό είναι μεγαλύτερο ή μικρότερο από το ποσοστό συμμετρικών ακμών που έχουμε ήδη στο γράφο.

4.4.1 Εισαγωγή

Στις δύο εκδόσεις διαχειριζόμαστε τις συμμετρικές ακμές του γράφου με βάση το ποσοστό που ζητήθηκε. Υπάρχουν δύο διαδικασίες επεξεργασίας των ακμών για την

επίτευξη αυτού του ποσοστού. Η πρώτη περίπτωση είναι να θέλουμε να επεξεργαστούμε τις ακμές αλλά να αλλοιώσουμε όσο το δυνατόν λιγότερο την πυκνότητα του γράφου. Η δεύτερη περίπτωση είναι να μην μας ενδιαφέρει κατά πόσο θα αλλοιωθεί αυτή η πυκνότητα.

Ο τρόπος με τον οποίο διατηρούμε την πυκνότητα και την συνοχή ενός γράφου είναι με το να διαγράφουμε μια ακμή για κάθε ακμή που προσθέτουμε, και να προσθέτουμε μια ακμή για κάθε ακμή που διαγράφουμε. Φυσικά αυτή η επιπλέον πρόσθεση και αφαίρεση ακμών δεν γίνεται με εντελώς τυχαίο τρόπο. Αν διαγράψουμε μια ακμή από ένα υπογράφο, τότε πρέπει να προστεθεί μια ακμή στον ίδιο υπογράφο. Αν διαγράψουμε μια ακμή που ενώνει δύο υπογράφους τότε πρέπει να προσθέσουμε μια ακμή που ενώνει τους ίδιους υπογράφους. Αντίστοιχα και για την πρόσθεση ακμών.

Επίσης είναι σημαντικό να διατηρείτε και η συνοχή. Δηλαδή, αν διαγράψουμε μια ακμή, έστω την ακμή $(2, 4)$, θα πρέπει η ακμή που θα προστεθεί να έχει ως πηγή την κορυφή 2 και προορισμό μια κορυφή n , όπου η ακμή $(2, n)$ δεν υπάρχει, αλλά δεν υπάρχει ούτε και η ακμή $(n, 2)$ για να μην αλλοιώσουμε την διαδικασία ελέγχου των συμμετρικών ακμών του γράφου. Η κορυφή n πρέπει να είναι διαφορετική της κορυφής 2, αφού δεν επιτρέπονται ακμές που έχουν ως πηγή και προορισμό τον ίδιο κόμβο. Επίσης, αν η κορυφή 4 βρίσκεται στον ίδιο υπογράφο με την κορυφή 2, τότε και η κορυφή n πρέπει να βρίσκεται στον ίδιο υπογράφο. Αν η κορυφή 4 βρίσκεται σε διαφορετικό υπογράφο από την κορυφή 2, τότε η κορυφή n πρέπει να βρίσκεται στον ίδιο υπογράφο με την κορυφή 4.

Όταν φτάσουμε σε ένα σημείο όπου χρειαζόμαστε να προσθέσουμε ή να αφαιρέσουμε περισσότερες ακμές, αλλά δεν υπάρχουν πλέον ακμές που να πληρούν τα κριτήρια της πιο πάνω παραγράφου, τότε συνεχίζουμε την προσθήκη ακμών χωρίς την επιπλέον διαγραφή, και το αντίθετο. Προσπαθούμε να διατηρήσουμε την πυκνότητα και την συνοχή όσο το δυνατό πιο κοντά στην αρχική πυκνότητα.

Στην περίπτωση που δεν μας ενδιαφέρει καθόλου η πυκνότητα του γράφου, δεν γίνεται καμία διαγραφή με κάθε προσθήκη ακμής, και καμία προσθήκη με κάθε διαγραφή. Σε

οποιοδήποτε από τα δύο σενάρια, είναι πιθανόν το άθροισμα των ακμών του τελικού γράφου να διαφέρει από το αρχικό.

Η διαγραφή και προσθήκη ακμών και στις δύο περιπτώσεις γίνεται με τυχαία επιλογή ανάμεσα στις διαθέσιμες ακμές. Αν θέλουμε να προσθέσουμε για να κάνουμε μια ακμή συμμετρική ή να διαγράψουμε για να κάνουμε μια συμμετρική ακμή κατευθυνόμενη, τότε επιλέγουμε τυχαία μια ακμή από τις διαθέσιμες συμμετρικές ή κατευθυνόμενες, ανάλογα με το αν θέλουμε να διαγράψουμε ή να προσθέσουμε. Η επιλογή για επιπλέον διαγραφή ή προσθήκη γίνεται τυχαία από τις διαθέσιμες ακμές που πληρούν τα κριτήρια που έχουν αναφερθεί πιο πάνω.

Είναι σημαντικό να αναφέρω πως οι συμμετρικές ακμές στα πλαίσια της εργασίας μου θεωρούνται ως μια ακμή. Δηλαδή αν έχω για παράδειγμα μια ακμή (2, 4) και μια ακμή (4, 2), αποτελούν μια συμμετρική ακμή και δεν θεωρούνται ως δύο ξεχωριστές. Άρα αν ζητήσει ο χρήστης 50% ποσοστό συμμετρικών ακμών σε ένα γράφο με 100 ακμές, τότε θα έχουμε 50 ακμές οι οποίες είναι κατευθυνόμενες, δηλαδή για κάθε κατευθυνόμενη ακμή (n, m) δεν υπάρχει ακμή (m, n), και θα έχουμε 50 ακμές οι οποίες είναι συμμετρικές, δηλαδή για κάθε συμμετρική ακμή (u, v) υπάρχει ακμή (v, u) όμως οι δύο αυτές ακμές μετράνε ως μια. Είναι εξίσου σημαντικό να αναφέρω πως δεν επιτρέπονται self-loops, δηλαδή δεν υπάρχει καμία ακμή (n, m) όπου $n=m$, καμία κορυφή δεν επιτρέπεται να ενώνεται με τον εαυτό της. Αν ένα μοντέλο γράφου είναι πιθανόν να δημιουργήσει γράφο με ακμές που η πηγή και ο προορισμός είναι η ίδια κορυφή, τότε ξανά καλούμε την συνάρτηση δημιουργίας του μοντέλου κάποιες φορές, και αν ξεπεράσει τις ευκαιρίες που του έχουμε δώσει τότε το πρόγραμμα τερματίζεται και ο χρήστης ενημερώνεται να δοκιμάσει ξανά.

4.4.2 Version 1

Στην πρώτη έκδοση του προγράμματος, `graphgeneratorV1.py`, ο τρόπος που διαχειριζόμαστε την διαγραφή ή την προσθήκη ακμών για να ικανοποιήσουμε το ποσοστό που δίνεται, εξαρτάται από την παράμετρο `keepdensity` στο αρχείο εισόδου. Αυτή η παράμετρος καθορίζει κατά πόσο όταν επεξεργαζόμαστε τις ακμές, θα τις επεξεργαζόμαστε με τέτοιο τρόπο ώστε να διατηρούμε την πυκνότητα και την συνοχή

του αρχικού γράφου ή όχι. Όταν δοθεί στην παράμετρο η τιμή 1, τότε προσπαθούμε να διατηρήσουμε την πυκνότητα του γράφου, ενώ όταν δεν δοθεί, ή δοθεί η τιμή 0 δεν θα προσπαθήσουμε να διατηρήσουμε την πυκνότητα και θα κάνουμε απλά ότι είναι αναγκαίο για να κατορθώσουμε το ποσοστό που ζήτησε ο χρήστης.

Ακολουθεί παράδειγμα εκτέλεσης της πρώτης εκδοχής με `keepdensity` να παίρνει την τιμή 1 και επεξεργαζόμαστε μόνο το ποσοστό των υπογράφων, όχι του τελικού γράφου.

```
instances:1
hypergraph:9
hypergraphfile:degreesequence.txt
edgesbetweensub:2
subgraphsnum:2
subgraphs:1 6
subgraphfiles:barabasisub.txt growingrandomsub.txt
percentagesofsubgraphs:25 75
percentage:-1
keepdensity:1
```

Σχήμα 4.11 input.txt

```
out_degree:1 1 1 2
in_degree:1 2 1 1
method:simple
directed:1
```

Σχήμα 4.12 degreesequence.txt

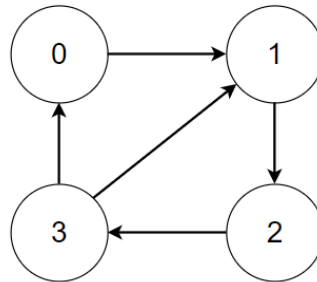
```
vertices:5
edges:2-3
directed:1
percentage:15
```

Σχήμα 4.13 barabasisub.txt

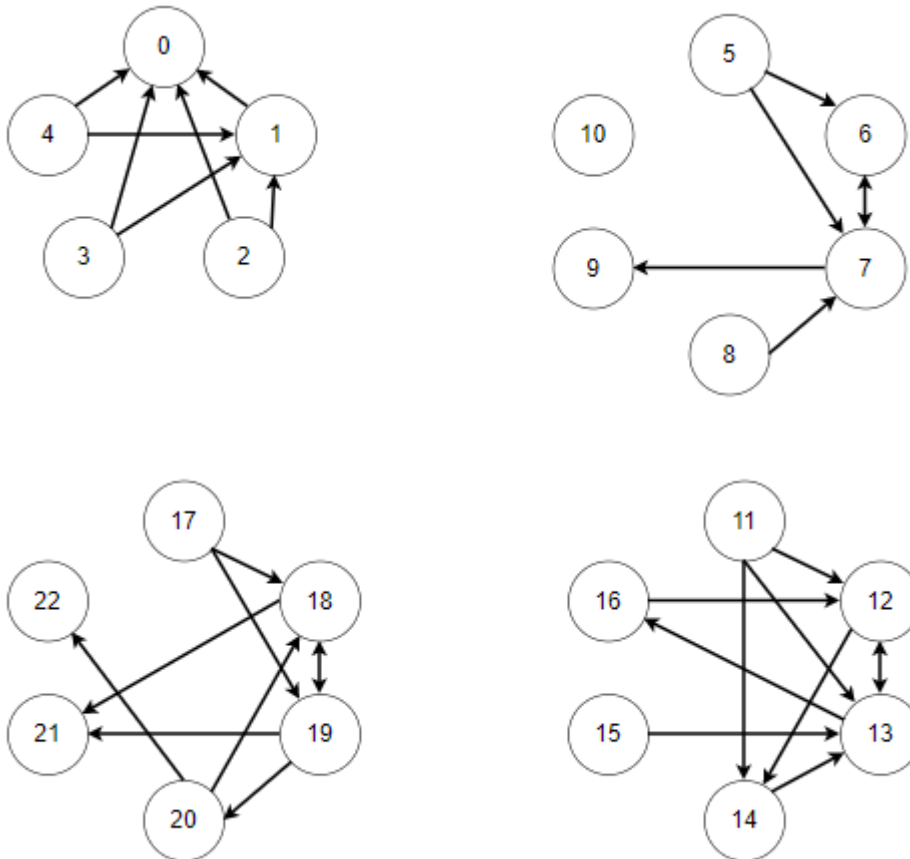
```
vertices:6
edges:3
directed:1
percentage:80
```

Σχήμα 4.14 growingrandomsub.txt

Στα σχήματα 4.11 μέχρι 4.14 περιγράφονται τα αρχεία που χρησιμοποιήθηκαν για να υλοποιηθεί αυτό το παράδειγμα. Ακολουθεί η διαδικασία δημιουργίας του τελικού γράφου βήμα προς βήμα για ευκολότερη κατανόηση.



Σχήμα 4.15 Degree sequence hypergraph

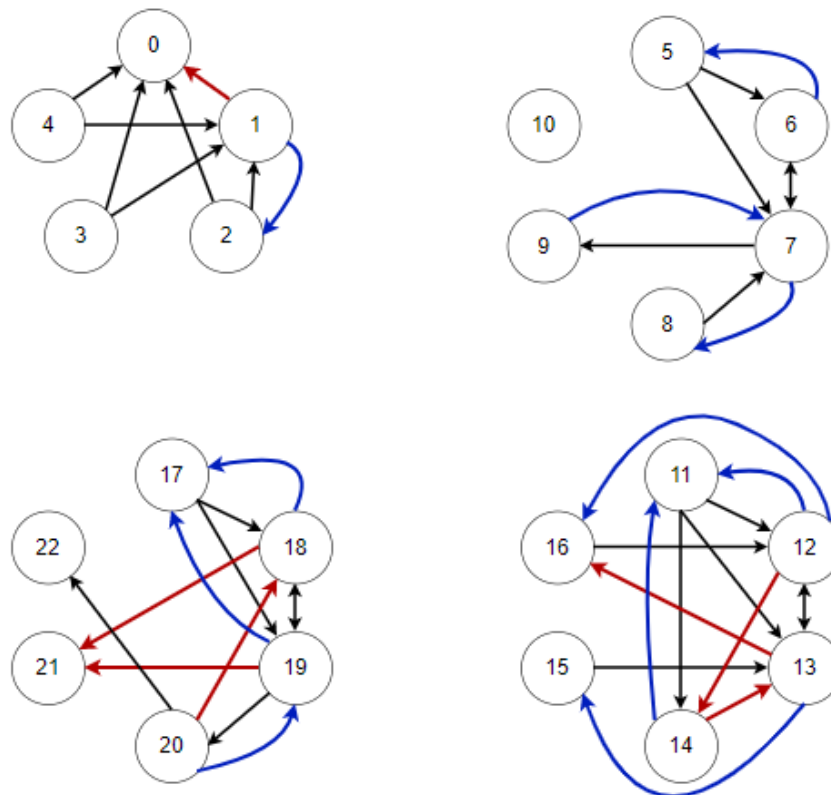


Σχήμα 4.16 Subgraphs

Στα σχήματα 4.16 και 4.15 βλέπουμε τον υπεργράφο και του υπογράφους αντίστοιχα. Ο πρώτος υπογράφος είναι μοντέλο barabasi και οι υπόλοιποι τρεις είναι μοντέλα growing random και έχουν κατανεμηθεί όπως ζητήθηκε στην παράμετρο percentagesofsubgraphs του αρχείου εισόδου. Παρατηρούμε πως οι γράφοι τύπου

growing random έχουν ήδη από μια συμμετρική ακμή. Για παράδειγμα ο υπογράφος με κορυφές 5 έως 10 έχει 4 κατευθυνόμενες ακμές και μια συμμετρική, άρα συνολικά έχει 5 ακμές. Ομοίως μπορούμε να υπολογίσουμε και τις ακμές των υπόλοιπων υπογράφων.

Για τον πρώτο υπογράφο, μοντέλου barabasi, θέλουμε 15% συμμετρικές ακμές. Αφού έχει 7 ακμές σημαίνει πως για να έχουμε ποσοστό συμμετρικών ακμών 15% πρέπει να προσθέσουμε μια ακμή. Κάθε υπογράφος τύπου growing random θέλουμε να έχει 80% συμμετρικές ακμές. Ο δεύτερος υπογράφος έχει κτιστεί με 5 ακμές, από τις οποίες η μια είναι ήδη συμμετρική, για να έχει 80% συμμετρικές ακμές τότε πρέπει να έχουμε 4 συμμετρικές. Ο τρίτος υπογράφος έχει 9 ακμές άρα υπολογίζουμε πως από τις 9 οι 7 πρέπει να είναι συμμετρικές. Ο τέταρτος υπογράφος έχει 8 ακμές άρα θέλουμε να έχει 6 συμμετρικές. Σε όλους τους υπογράφους θα χρειαστεί να προσθέσουμε ακμές. Φυσικά ο συνολικός αριθμός ακμών μπορεί να αλλάξει ανά γράφο με την προσθήκη και διαγραφή ακμών, όμως γίνεται με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε το ποσοστό συμμετρικών ακμών θα είναι αυτό που έχει ζητηθεί.

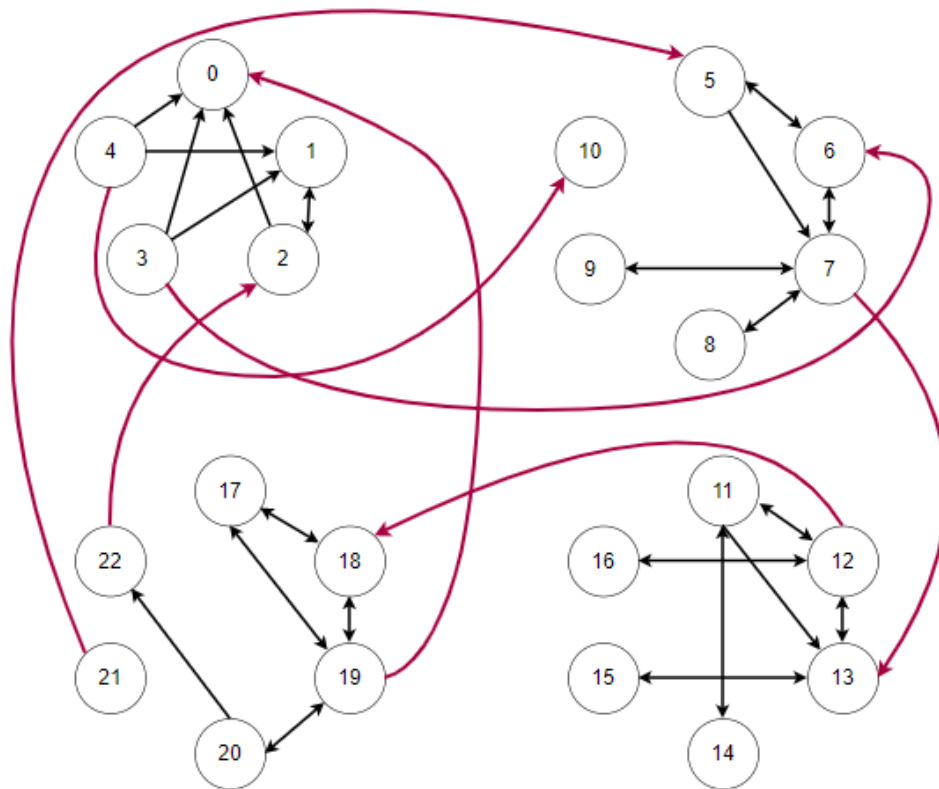


Σχήμα 4.17 Υπό-γράφοι μετά την επεξεργασία συμμετρικών ακμών

Στο πιο πάνω σχήμα φαίνονται οι υπογράφοι μετά την προσθήκη και αφαίρεση ακμών για να φτάσουμε στα επιθυμητά ποσοστά συμμετρικών ακμών. Με μπλε φαίνονται οι ακμές που προσθέσαμε και με κόκκινο οι ακμές που διαγράφηκαν. Στον πρώτο υπογράφο προσθέσαμε την ακμή $(1, 2)$ για να γίνει συμμετρική, και διαγράψαμε την ακμή $(1, 0)$. Ο γράφος τώρα έχει 6 ακμές, από τις οποίες μια είναι συμμετρική και οι υπόλοιπες 5 είναι κατευθυνόμενες, έτσι έχουμε 15% συμμετρικές ακμές στον υπογράφο.

Στον δεύτερο υπογράφο δεν μας επιτρέπεται να κρατήσουμε την αρχική του πυκνότητα. Επιλέχθηκε τυχαία η ακμή $(5, 6)$ για να γίνει συμμετρική προσθέτοντας ακμή $(6, 5)$, όμως η μοναδική ακμή με πηγή 6 είναι η $(6, 7)$ η οποία είναι συμμετρική άρα δεν μπορούμε να την διαγράψουμε. Επιλέχθηκε η ακμή $(7, 9)$ άρα προσθέσαμε ακμή $(9, 7)$, όμως δεν υπάρχει ακμή με πηγή 9 για να διαγράψουμε στη θέση της. Ακολουθώντας αυτή τη λογική δεν υπήρχαν ακμές που μπορούσαμε να προσθέσουμε και να διαγράψουμε κάποια άλλη με ίδια πηγή αφού είτε δεν υπήρχε τέτοια ακμή είτε αυτή η ακμή άνηκε ήδη σε μια συμμετρική σχέση. Καταλήγουμε με 5 ακμές από τις οποίες 4 είναι συμμετρικές και άρα αποτελούν το 80% των συνολικών ακμών του υπογράφου.

Στον τρίτο υπογράφο προσθέσαμε αρχικά τις ακμές $(13, 15)$, $(14, 11)$ και $(12, 11)$ και αφαιρέσαμε στην θέση τους τις ακμές $(13, 16)$, $(14, 13)$ και $(12, 14)$ αντίστοιχα. Για να ικανοποιηθεί το 80% συμμετρικών ακμών χρειάζεται ακόμη μια προσθήκη ακμής για να μετατρέψουμε ακόμη μια ακμή σε συμμετρική. Παρατηρούμε πως δεν υπήρχε άλλη ακμή που θα μπορούσαμε να προσθέσουμε και να είναι δυνατή η διαγραφή κάποιας άλλης ακμής με βάση τα κριτήρια που έχουν εξηγηθεί. Έτσι, επιλέχθηκε τυχαία η ακμή $(16, 12)$ για να γίνει συμμετρική, άρα προστέθηκε η ακμή $(12, 16)$. Ο υπογράφος ολοκληρώνεται με 5 συμμετρικές ακμές και 1 κατευθυνόμενη, άρα οι συμμετρικές αποτελούν το 80% του υπογράφου. Στον τέταρτο υπογράφο όπως βλέπουμε για κάθε ακμή που προσθέσαμε ήταν εφικτό να διαγράψουμε κάποια άλλη διατηρώντας την πυκνότητα του υπογράφου. Τέλος, αυτός ο υπογράφος καταλήγει με 4 συμμετρικές ακμές και 1 κατευθυνόμενη. Στη συνέχεια πρέπει να προσθέσουμε ακμές ανάμεσα στους γράφους για να αντιστοιχούν στις σχέσεις του υπεργράφου.



Σχήμα 4.18 Final graph

Τέλος, γίνεται η προσθήκη των ακμών που ενώνουν τους υπογράφους με βάση τις ακμές του υπεργράφου. Ο τελικός γράφος απεικονίζεται στο σχήμα 4.18. Σε αυτό το παράδειγμα επιλέξαμε να επεξεργαστούμε το ποσοστό συμμετρικών ακμών μόνο στους υπογράφους.

Στην εκτέλεση που ακολουθεί έχουμε ζητήσει ποσοστό συμμετρικών ακμών του τελικού γράφου 25%. Σε αυτό το παράδειγμα δεν έχει γίνει απαίτηση όσο αφορά το ποσοστό συμμετρικών ακμών των υπογράφων πριν την δημιουργία του τελικού.

```
instances:1
hypergraph:9
hypergraphfile:degreesequence.txt
edgesbetweensub:2
subgraphsnum:2
subgraphs:1 3
subgraphfiles:barabasisub.txt kregularsub.txt
percentagesofsubgraphs:25 75
percentage:25
keepdensity:1
```

Σχήμα 4.19 input.txt

```

out_degree:1 1 1 2
in_degree:1 2 1 1
method:simple
directed:1

```

Σχήμα 4.20 degreessequence.txt

```

vertices:5
edges:2-3
directed:1
percentage:-1

```

Σχήμα 4.21 barabasisub.txt

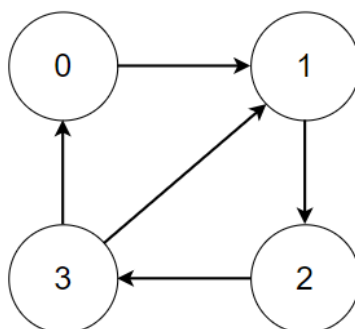
```

vertices:4
degree:2
directed:0

```

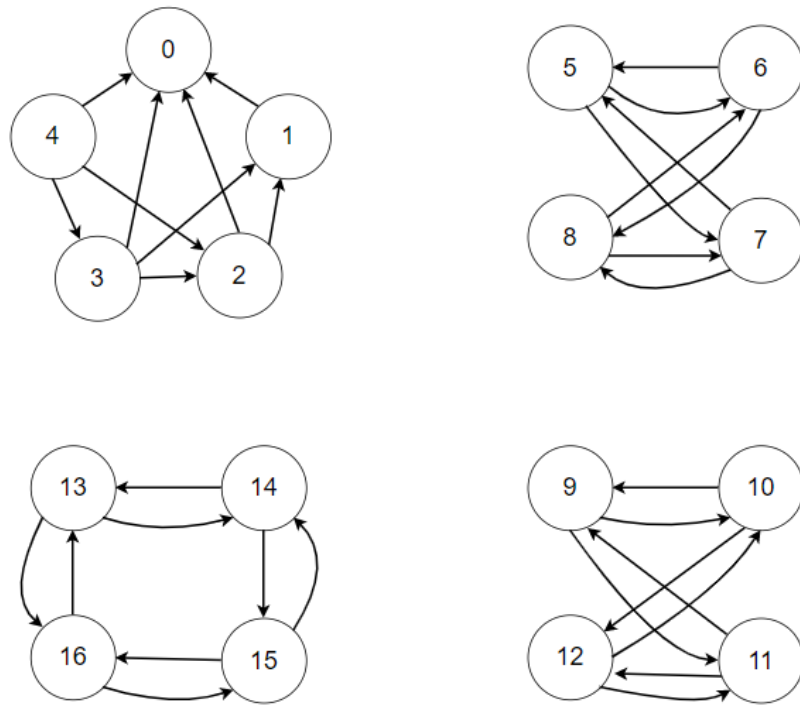
Σχήμα 4.22 kregularsub.txt

Στα σχήματα 4.19 μέχρι 4.22 φαίνονται τα αρχεία που δόθηκαν στην πιο κάτω εκτέλεση. Η τιμή που δόθηκε στο keepdensity εξακολουθεί να είναι 1 και ο υπεργράφος έχει τα ίδια χαρακτηριστικά με το προηγούμενο παράδειγμα. Αυτή τη φορά όμως το δεύτερο μοντέλο υπογράφου, k-regular, είναι μη-κατευθυνόμενο, και αφού αυτό το μοντέλο αποτελεί 75% των κόμβων του υπεργράφου, διαισθητικά μπορούμε να καταλάβουμε πως θα έχουμε περισσότερες συμμετρικές ακμές απ' όσες θέλουμε, αφού θέλουμε 25% των ακμών του τελικού γράφου να είναι συμμετρικές.

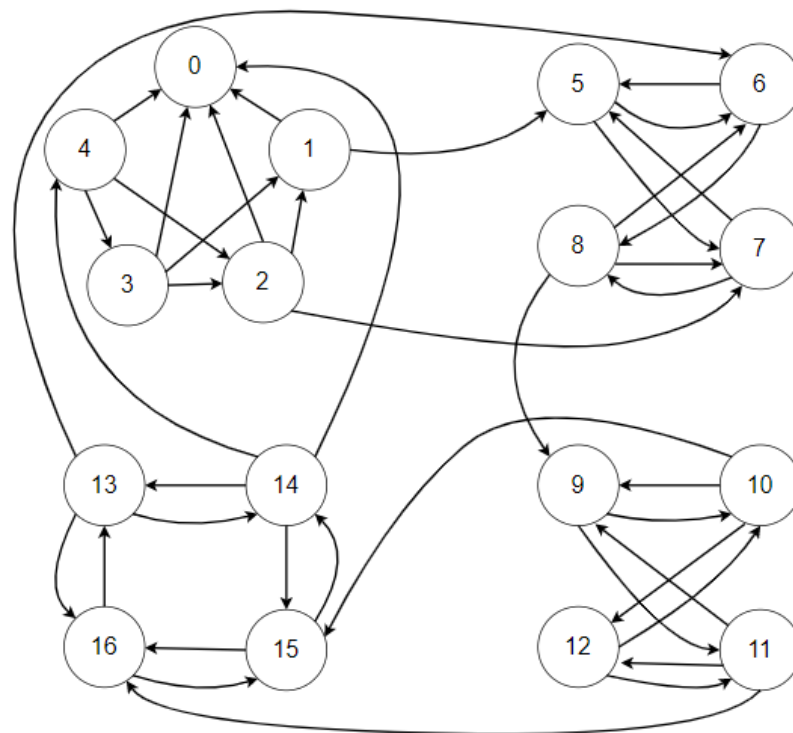


Σχήμα 4.23 Hypergraph

Στο σχήμα 4.23 φαίνεται ο υπεργράφος που κτίστηκε για αυτή την εκτέλεση. Ο υπεργράφος είναι μοντέλο degree sequence όπως περιγράφεται στο αρχείο εισόδου.



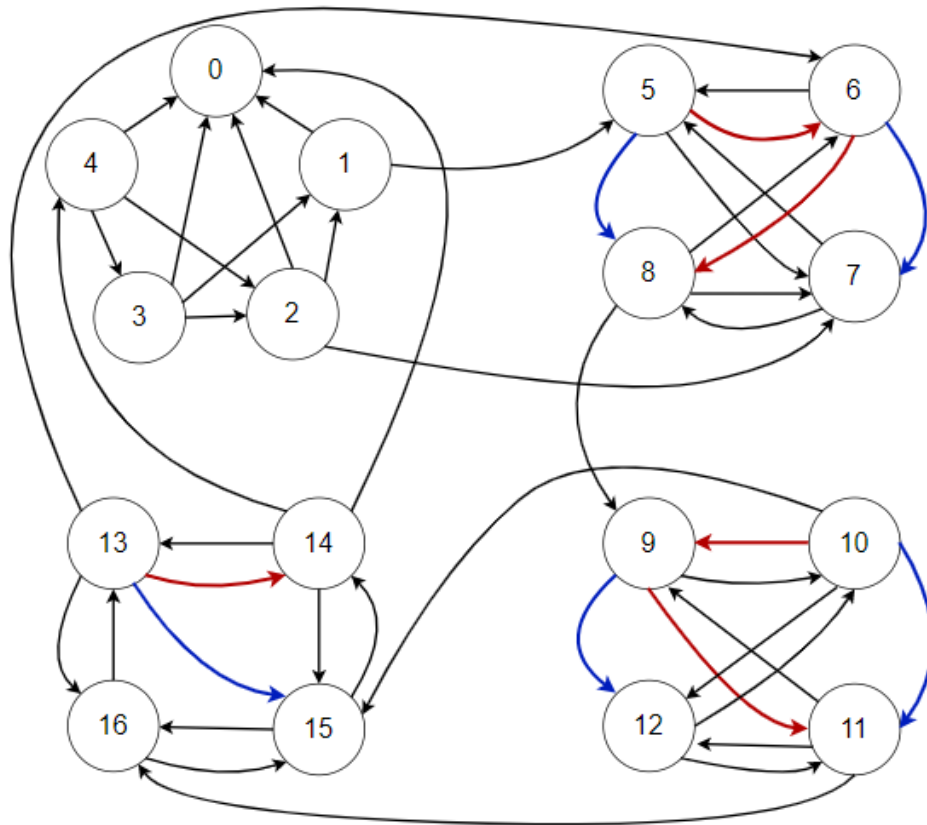
Σχήμα 4.24 Subgraphs



Σχήμα 4.25 Προσθήκη ακμών με την παράμετρο `edgesbetweensub`

Στο σχήμα 4.25 βλέπουμε την αρχική υλοποίηση των υπεργράφων και στο σχήμα 4.25 την ένωση των υπογράφων με βάση τις ακμές του υπεργράφου. Στο Σχήμα 4.25

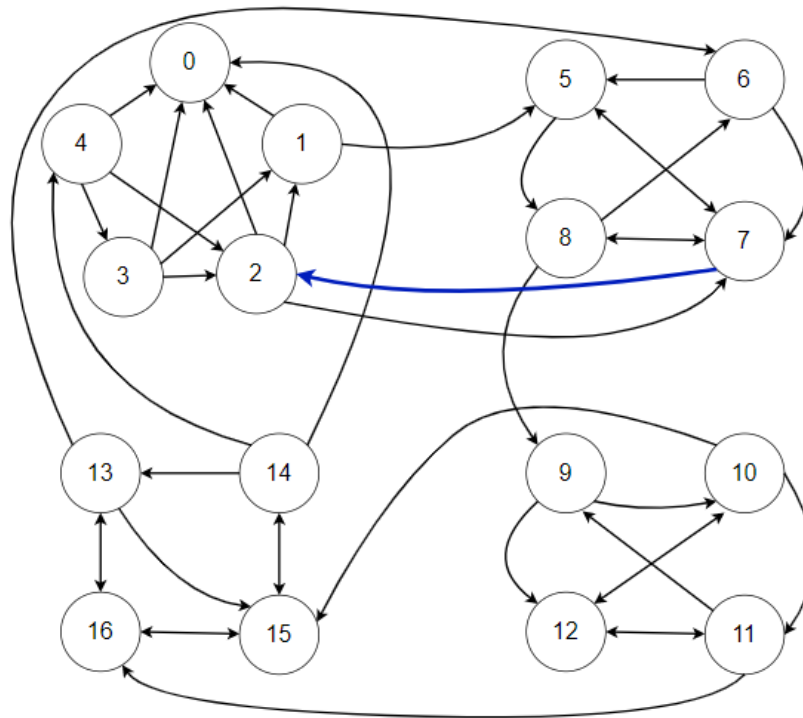
μπορούμε να παρατηρήσουμε πως έχουμε συνολικά 12 συμμετρικές ακμές και 17 κατευθυνόμενες. Αφού ζητήσαμε να έχει 25% συμμετρικών ακμών ο γράφος τότε από τις 29 ακμές πρέπει να έχουμε 7 συμμετρικές. Άρα πρέπει να διαγραφούν 5 συμμετρικές ακμές.



Σχήμα 4.26 Διαγραφή ακμών

Στο σχήμα 4.26 ο αναγνώστης μπορεί να δει τις 5 τυχαίες διαγραφές ακμών με κόκκινο, και τις 5 προσθήκες με μπλε για διατήρηση της πυκνότητας και της συνοχής. Ο γράφος μετά από αυτή την αρχική επεξεργασία καταλήγει να έχει 27 κατευθυνόμενες ακμές και 7 συμμετρικές. Για να έχουμε 25% συμμετρικές ακμές πρέπει να μετατρέψουμε ακόμη μια ακμή σε συμμετρική.

Αφού η επιπλέον ακμή που θα προστεθεί έγινε με έλεγχο έπειτα της προσθήκης ακμών για διατήρηση της πυκνότητας, δεν θα προστεθεί διαγράφοντας κάποια άλλη στη θέση της. Η τυχαία ακμή που επιλέχθηκε να προστεθεί έτσι ώστε να μετατρέψουμε ακόμη μια ακμή σε συμμετρική, είναι η ακμή (7, 2) όπως φαίνεται πιο κάτω. Στο σχήμα 4.27 φαίνεται ο τελικός γράφος.



Σχήμα 4.27 Final graph

Στο παράδειγμα εκτέλεσης που ακολουθεί έχει δοθεί στο αρχείο εισόδου η τιμή 0 στην παράμετρο `keepdensity` για να εξηγηθεί περισσότερο και η περίπτωση στην οποία δεν μας ενδιαφέρει να διατηρήσουμε την πυκνότητα και προσθέτουμε/αφαιρούμε ακμές χωρίς να κάνουμε κάποια επιπλέον επεξεργασία.

```
instances:1
hypergraph:9
hypergraphfile:degreessequence.txt
edgesbetweensub:2
subgraphsnum:2
subgraphs:1 3
subgraphfiles:barabasisub.txt kregularsub.txt
percentagesofsubgraphs:25 75
percentage:50
keepdensity:0
```

Σχήμα 4.28 input.txt

```
out_degree:1 1 1 2
in_degree:1 2 1 1
method:simple
directed:1
```

Σχήμα 4.29 degreessequence.txt

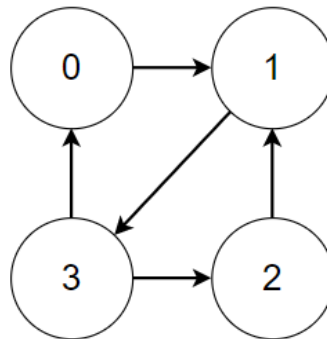
```
vertices:5
edges:2-3
directed:1
percentage:70
```

Σχήμα 4.30 barabasisub.txt

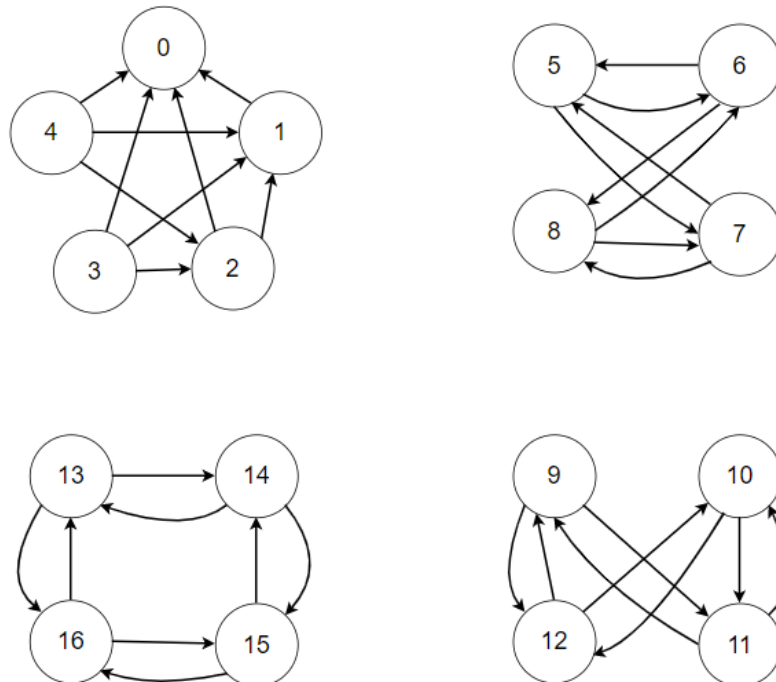
```
vertices:4
degree:2
directed:0
percentage:25
```

Σχήμα 4.31 kregularsub.txt

Στα σχήματα 4.28 μέχρι 4.31 βλέπουμε τα αρχεία που περιγράφουν τον γράφο που θα κτιστεί στην επόμενη εκτέλεση. Αυτή τη φορά η παράμετρος keepdensity παίρνει την τιμή 0. Επίσης και οι υπογράφοι, καθώς και ολόκληρος ο γράφος έχουν τιμές στην παράμετρο percentage άνισες του -1, άρα θα γίνουν μετατροπές και στους υπογράφους πριν ενωθούν μεταξύ τους, καθώς και στον τελικό γράφο.

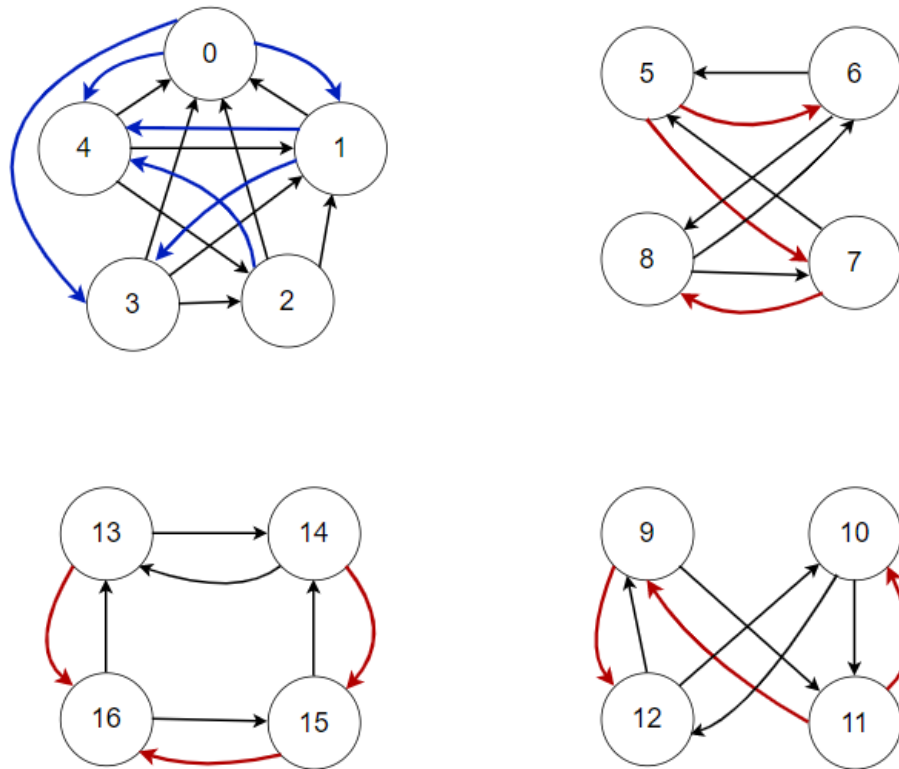


Σχήμα 4.32 Hypergraph



Σχήμα 4.33 Subgraphs

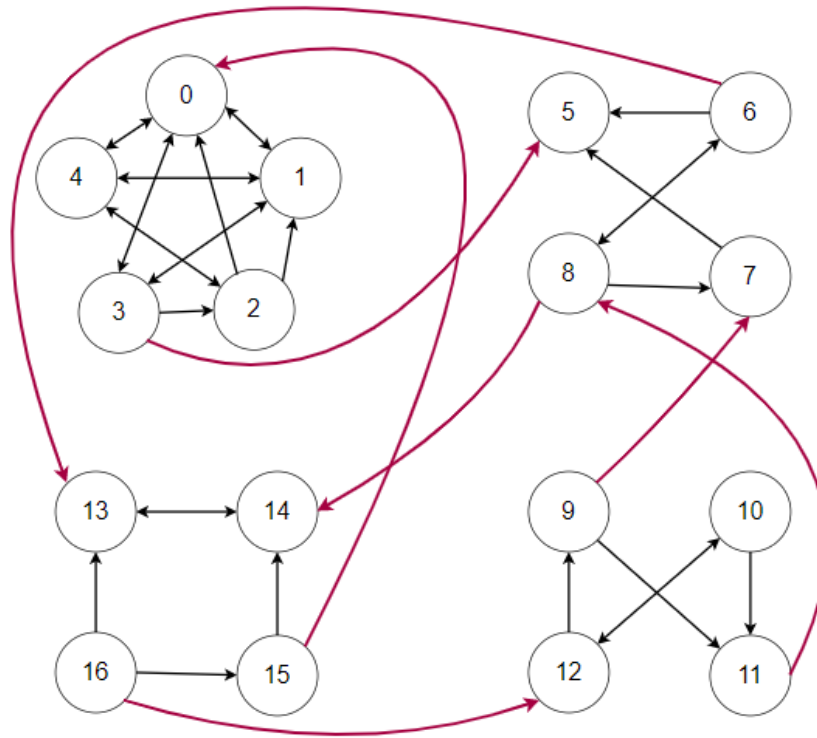
Στα σχήματα 4.32 και 4.33 παρουσιάζονται ο υπεργράφος και οι υπογράφοι αρχικά. Ο πρώτος υπογράφος είναι κατευθυνόμενος ενώ οι άλλοι τρεις είναι μη-κατευθυνόμενοι.



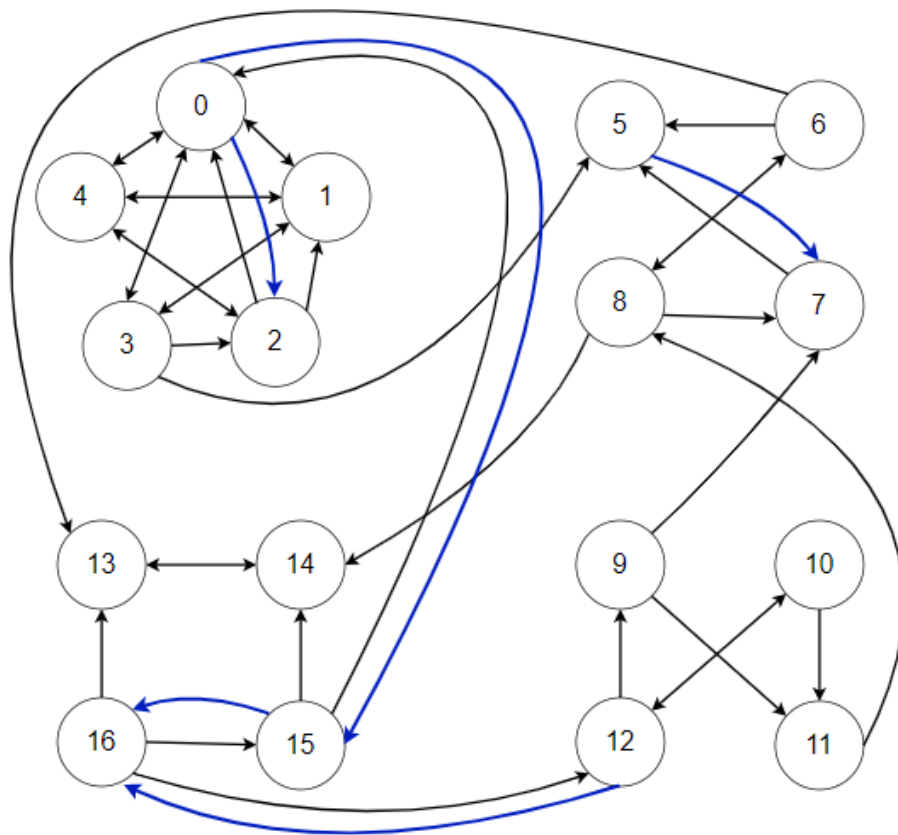
Σχήμα 4.34 Επεξεργασία ακμών υπεργράφων

Όπως φαίνεται στο σχήμα 4.34, στον πρώτο υπογράφο προστέθηκαν 6 ακμές έτσι ώστε να ικανοποιήσουμε το 70% συμμετρικών ακμών που ζητήθηκε στο αρχείο περιγραφής του. Από τους υπόλοιπους τρεις χρειάστηκε να αφαιρέσουμε από 3 ακμές έτσι ώστε να παραμείνουν 3 κατευθυνόμενες ακμές και 1 συμμετρική για να έχουμε 25% συμμετρικές ακμές. Με κόκκινο φαίνονται οι ακμές που διαγράφηκαν και με μπλε οι ακμές που προστέθηκαν.

Στη συνέχεια πρέπει να ενωθούν οι υπογράφοι σύμφωνα με τις ακμές και τις κορυφές του υπεργράφου. Στο σχήμα 4.35 φαίνεται η προσθήκη ακμών για την ένωση των διάφορων υπογράφων. Παρατηρούμε πως για καμία προσθήκη ακμής δεν υπάρχει αντίστοιχη διαγραφή, ή το αντίθετο. Όταν η τιμή της παραμέτρου keepdensity είναι 0 δεν υπάρχουν επιπλέον επεξεργασίες των ακμών για διατήρηση της πυκνότητας, όταν προσθέτουμε/αφαιρούμε ακμές για να ικανοποιήσουμε το ποσοστό συμμετρικών ακμών που ζητήθηκε από τον χρήστη.



Σχήμα 4.35 Ένωση υπογράφων



Σχήμα 4.36 Final graph

Τέλος, στο σχήμα 4.36 απεικονίζεται ο τελικός γράφος. Με μπλε φαίνονται οι ακμές που χρειάστηκε να προστεθούν έτσι ώστε να έχουμε 50% συμμετρικές ακμές στον γράφο. Μπορούμε να δούμε πως έχει καταλήξει με 14 συμμετρικές ακμές και 14 κατευθυνόμενες ακμές.

Σε κανένα βήμα υλοποίησης του τελικού γράφου στην δεν έχει γίνει κάποια προσπάθεια να διατηρήσουμε την πυκνότητα. Αυτή είναι μια πιο απλή διαδικασία αφού απλά επιλέγονται τυχαία όσες ακμές χρειάζονται είτε για διαγραφή είτε για προσθήκη έτσι ώστε να επιτύχουμε τα επιθυμητά ποσοστά.

4.4.3 Version 2

Στην δεύτερη έκδοση του προγράμματος, `graphgeneratorV2.py`, δεν διαχειριζόμαστε τις προσθήκες και αφαιρέσεις ακμών για την επίτευξη ποσοστού συμμετρικών ακμών με βάση την παράμετρο `keepdensity`, αλλά με βάση το αν κάθε υπογράφος ή ο υπεργράφος για τον τελικό γράφο, δηλώνεται αρχικά ως κατευθυνόμενος ή όχι. Σε αυτή την έκδοση δεν δίνεται η παράμετρος `keepdensity`.

Για κάθε ξεχωριστό υπογράφο, αν δοθεί η παράμετρος `percentage` με οποιαδήποτε άλλη τιμή εκτός από -1, τότε θα κοιτάζουμε αν ο υπογράφος είναι κατευθυνόμενος ή όχι για να αποφασίσουμε πως να διαχειριστούμε την πυκνότητα εσωτερικά του υπογράφου. Αν ο υπογράφος είναι κατευθυνόμενος τότε προσπαθούμε να κάνουμε τις απαραίτητες αλλαγές στις ακμές στον συγκεκριμένο υπογράφο διατηρώντας την πυκνότητα, όπως το αντιμετωπίζουμε και στην πρώτη εκδοχή όταν η παράμετρος `keepdensity` παίρνει την τιμή 1. Αν κάποιος άλλος υπογράφος έχει την τιμή 0 στην παράμετρο `directed`, τότε οι διαγραφές και οι προσθήκες ακμών για την επίτευξη του ζητούμενου ποσοστού γίνονται χωρίς κάποια άλλη αλλαγή και δεν μας ενδιαφέρει η πυκνότητα του υπογράφου, με τον ίδιο τρόπο που λειτουργεί και στην πρώτη εκδοχή όταν η παράμετρος `keepdensity` έχει την τιμή 0. Όσο αφορά τον συνολικό γράφο και την παράμετρο `percentage` που δίνεται στο αρχείο εισόδου, για να αποφασίσουμε κατά πόσο θα κάνουμε αλλαγές λαμβάνοντας υπόψη την πυκνότητα ή όχι, κοιτάζουμε αν ο υπεργράφος είναι κατευθυνόμενος ή όχι. Αν ο υπεργράφος είναι κατευθυνόμενος τότε το συνολικό ποσοστό συμμετρικών ακμών του γράφου το επεξεργαζόμαστε

προσπαθώντας να διατηρήσουμε την πυκνότητα με επιπλέον προσθήκες και αφαιρέσεις ακμών. Αν ο υπεργράφος είναι δεν είναι κατευθυνόμενος τότε οι μοναδικές προσθήκες και αφαιρέσεις που γίνονται είναι για την επίτευξη του συνολικού ποσοστού που δίνεται και δεν γίνεται κάποια προσπάθεια διατήρησης της πυκνότητας.

Είναι ξεκάθαρο πως στην πρώτη εκδοχή δεν μας ενδιαφέρει κατά πόσο ένας γράφος είναι κατευθυνόμενος ή όχι για να αποφασίσουμε αν θα διατηρήσουμε την πυκνότητα ή όχι, αλλά μας ενδιαφέρει μόνο η τιμή της σχετικής παραμέτρου. Όμως ακόμη μια κύρια διαφορά ανάμεσα στις δύο εκδοχές είναι πως στην ίδια εκτέλεση είναι δυνατόν για ένα υπογράφο να γίνονται οι απαραίτητες αλλαγές για την διατήρηση της πυκνότητας, ενώ σε κάποιον άλλο υπογράφο να μην γίνονται τέτοιες αλλαγές. Στην πρώτη εκδοχή δεν συμβαίνει αυτό το φαινόμενο, δεν υπάρχει πιθανότητα στα πλαίσια της ίδιας εκτέλεσης να συνυπάρχουν και οι δύο περιπτώσεις διαχείρισης της πυκνότητας.

Ακολουθεί ένα παράδειγμα εκτέλεσης της δεύτερης εκδοχής, graphgeneratorV2.py.

```
instances:1
hypergraph:9
hypergraphfile:degreessequence.txt
edgesbetweensub:2
subgraphsnum:2
subgraphs:1 3
subgraphfiles:barabasisub.txt kregularsub.txt
percentagesofsubgraphs:25 75
percentage:40
```

Σχήμα 4.37 input.txt

```
out_degree:1 1 1 2
in_degree:1 2 1 1
method:simple
directed:0
```

Σχήμα 4.38 degreessequence.txt

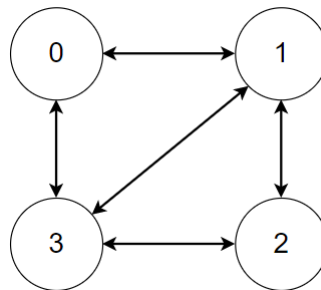
```
vertices:5
edges:2-3
directed:0
percentage:30
```

Σχήμα 4.39 barabasisub.txt

```
vertices:4
degree:2
directed:1
percentage:50
```

Σχήμα 4.40 kregularsub.txt

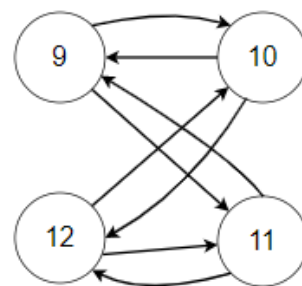
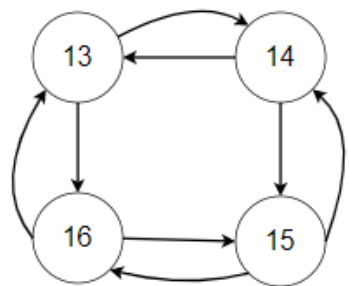
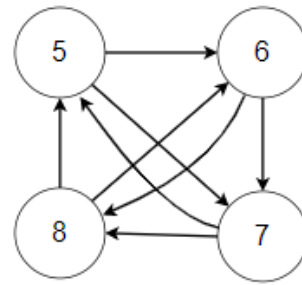
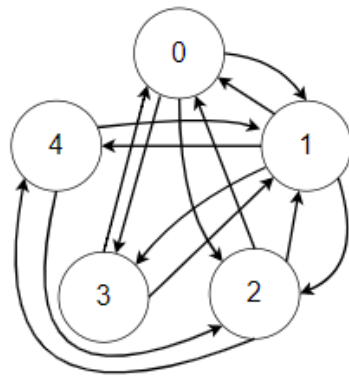
Στα σχήματα 4.37 μέχρι 4.40 φαίνονται τα αρχεία που περιγράφουν τον γράφο που θα κτιστεί στα επόμενα σχήματα. Έχουμε και κατευθυνόμενους και μη-κατευθυνόμενους γράφους οπότε αν σε αυτό το παράδειγμα θα δούμε καλύτερα τον συνδυασμό των δύο τρόπων επίτευξης του επιθυμητού ποσοστού συμμετρικών ακμών.



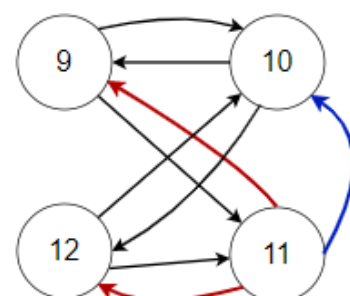
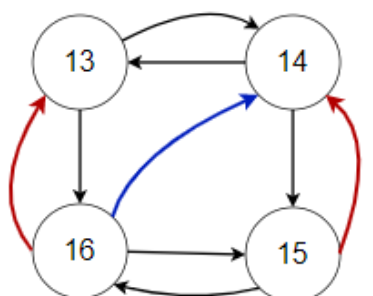
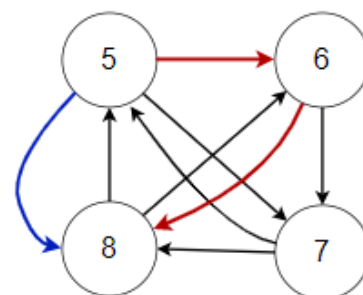
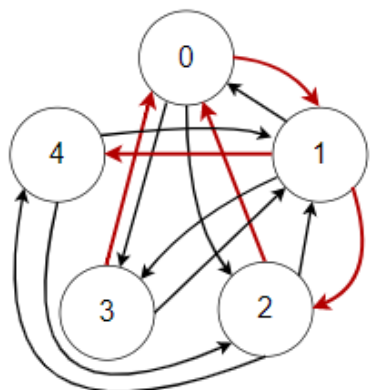
Σχήμα 4.41 Hypergraph

Στο πιο πάνω σχήμα φαίνεται ο υπεργράφος μοντέλου degree sequence. Ο γράφος έχει δηλωθεί από το αρχείο περιγραφής του ως μη-κατευθυνόμενος. Η αντιστοίχιση των κόμβων του υπεργράφου με τους υπογράφους γίνεται με τον ίδιο τρόπο που εξηγήθηκε στα παραδείγματα εκτελέσεων της πρώτης εκδοχής.

Στο σχήμα 4.42 φαίνονται οι υπογράφοι πριν την επεξεργασία ακμών για τον κάθε ένα. Ο υπογράφος που αντιπροσωπεύει την κορυφή 0 του υπεργράφου, barabasi μοντέλου, έχει δηλωθεί με τιμή στη παράμετρο directed 0, ενώ οι υπόλοιποι 3 k-regular είναι κατευθυνόμενοι. Το γεγονός ότι οι δύο τελευταίοι υπογράφοι φαίνονται να έχουν μόνο συμμετρικές ακμές στο σχήμα 4.42, δεν οφείλεται στην παράμετρο directed αλλά στην τυχαιότητα των γράφων και στις ιδιότητες του k-regular μοντέλου σε συνδυασμό με τα χαρακτηριστικά που του δώσαμε. Παρόλο όμως που αποτελούνται αποκλειστικά από συμμετρικές ακμές, αφού έχουν δηλωθεί ως κατευθυνόμενοι θα διαχειριστούμε τις προσθήκες/αφαιρέσεις με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να διατηρηθεί όσο περισσότερο γίνεται η πυκνότητα των υπογράφων αυτών.

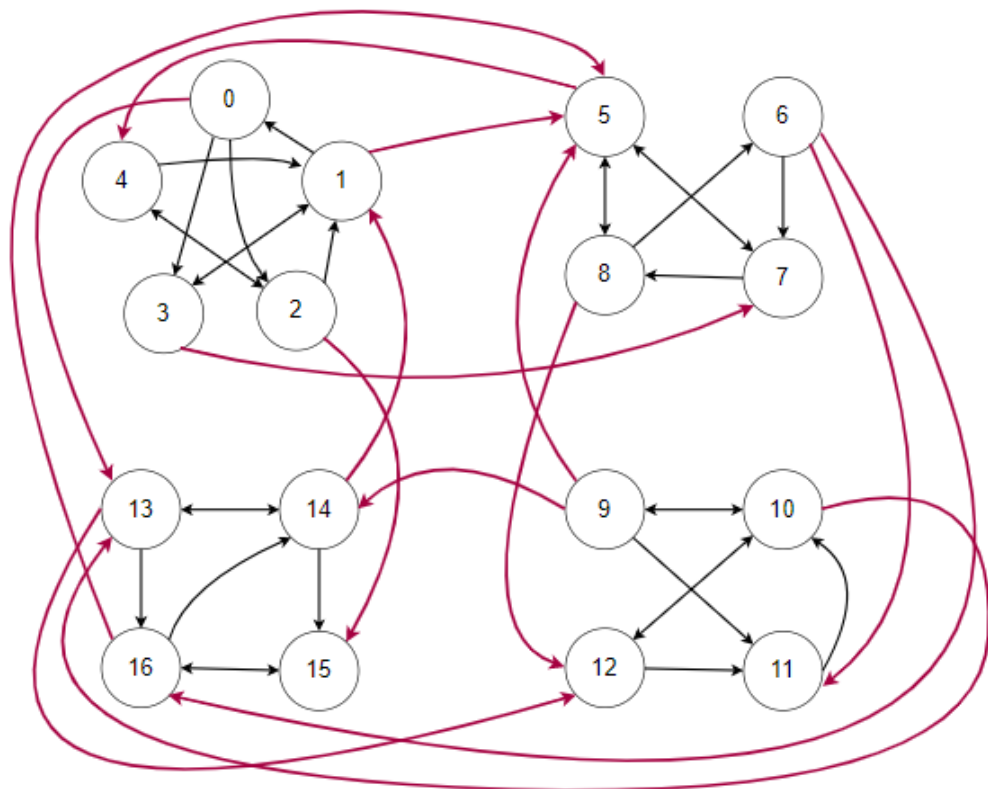


Σχήμα 4.42 Subgraphs



Σχήμα 4.43 Επεξεργασία ακμών υπογράφων

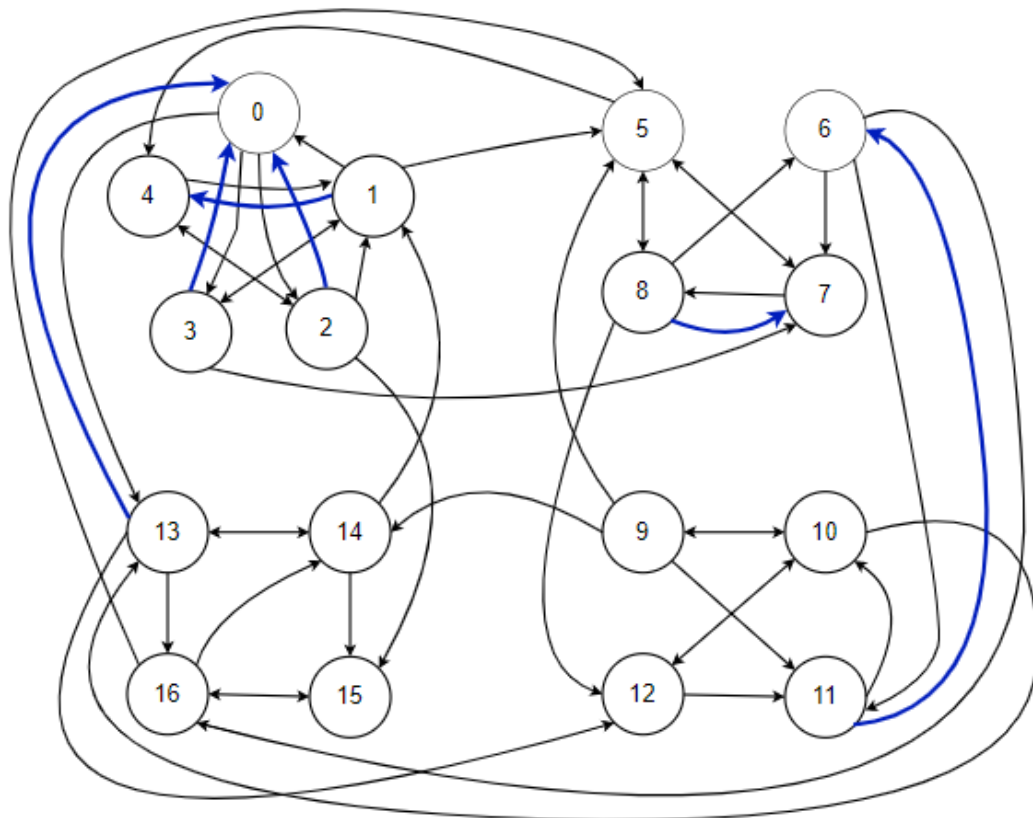
Στο σχήμα 4.43 με κόκκινο χρώμα είναι οι ακμές οι οποίες διαγράφηκαν, ενώ με μπλε είναι οι ακμές που προστέθηκαν. Βλέπουμε πως στον πρώτο υπογράφο χρειαζόταν να διαγράψουμε ακμές για να επιτύχουμε το 30% των συμμετρικών ακμών, αλλά αφού ο γράφος είναι μη-κατευθυνόμενος από το αρχείο περιγραφής του, δεν γίνεται καμία προσπάθεια για την διατήρηση της πυκνότητας του υπογράφου, άρα και καμία επιπλέον προσθήκη ακμών. Οι υπόλοιποι υπογράφοι όμως είναι κατευθυνόμενοι, άρα με κάθε προσπάθεια να αποκτήσουμε το ποσοστό συμμετρικών ακμών που ζητήθηκε από τον χρήστη, προσπαθούμε παράλληλα να διατηρήσουμε και την πυκνότητα. Στον τελευταίο k -regular υπογράφο αρχικά διαγράφηκε η ακμή (16, 13) και στην θέση της προστέθηκε η ακμή (16, 14). Όμως χρειαζόταν ακόμη μια διαγραφή και δεν υπήρχαν άλλες διαθέσιμες ακμές για διαγραφή όπου να ήταν εφικτό να κάνουμε και την ανάλογη προσθήκη για διατήρηση της πυκνότητας και της συνοχής. Έτσι, επιλέχθηκε τυχαία η ακμή (15, 14) για δεύτερη ακμή προς διαγραφή. Παρομοίως και για τους υπόλοιπους υπογράφους. Στην συνέχεια (σχήμα 4.44) προστέθηκαν οι κατάλληλες ακμές για να ενωθούν οι υπογράφοι ανάλογα με τις ακμές του υπεργράφου. Αυτές οι ακμές απεικονίζονται με μοβ χρώμα στο πιο κάτω σχήμα.



Σχήμα 4.44 Ένωση υπογράφων

Τέλος, στο σχήμα 4.45 φαίνονται με μπλε οι ακμές που προστέθηκαν για να έχουμε 40% ποσοστό συμμετρικών ακμών στον τελικό γράφο. Ο υπεργράφος είναι μη-κατευθυνόμενος, άρα δεν μας ενδιέφερε να κρατήσουμε την πυκνότητα κοντά στην αρχική, άρα υπήρχαν μόνο προσθέσεις ακμών χωρίς κάποια επιπλέον διαγραφή.

Μέχρι το σχήμα 4.44 είχαμε 8 μη-κατευθυνόμενες ακμές και 28 κατευθυνόμενες, άρα έχουμε συνολικά 36 ακμές. Το 40% των 36 ακμών είναι 14 ακμές, άρα αφού έχουμε ήδη 8 συμμετρικές χρειαζόμαστε ακόμα 6. Στο πιο κάτω σχήμα φαίνονται με μπλε οι 6 ακμές που επιλέχθηκαν τυχαία για πρόσθεση και μετατροπή σε συμμετρικές.



Σχήμα 4.45 Final graph

4.5 Πολλαπλές τιμές σε παραμέτρους

Όπως έχει αναφερθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο, μας ενδιαφέρει να ερευνήσουμε την ύπαρξη ευσταθών μοντέλων στους γράφους που κτίζουμε. Πολλές φορές με την αλλαγή μιας από τις παραμέτρους στα αρχεία περιγραφής μπορούμε να δούμε δραματικές

αλλαγές στην ύπαρξη αυτών των μοντέλων ή στον χρόνο εύρεσης τους. Για πειραματικούς σκοπούς και για διευκόλυνση του χρήστη, μπορούμε να δίνουμε πολλαπλές τιμές στις παραμέτρους των αρχείων έτσι ώστε να κτίζονται ταυτόχρονα πολλαπλοί γράφοι χωρίς να χρειάζεται να κάνουμε διαφορετικές εκτελέσεις. Ο χρήστης είναι ελεύθερος να δώσει πολλαπλές τιμές σε όποιες και όσες παραμέτρους επιθυμεί, εκτός από την παράμετρο `instances`.

```
instances:1
hypergraph:9
hypergraphfile:degreesequence.txt
edgesbetweensub:2
subgraphsnum:2
subgraphs:1 3
subgraphfiles:barabasisub.txt kregularsub.txt
percentagesofsubgraphs:25 75
percentage: [-1,2,5,10,20,50,100]
```

Σχήμα 4.46 input.txt

Ας υποθέσουμε το αρχείο εισόδου που περιγράφεται στο πιο πάνω σχήμα, και ας υποθέσουμε πως κανένα από τα αρχεία περιγραφής των υπογράφων ή του υπογράφου δεν έχουν πολλαπλές τιμές. Η παράμετρος `percentage` παίρνει διάφορες τιμές που περικλείονται στις αγκύλες που φαίνονται και χωρίζονται με ‘κόμμα’. Αυτό σημαίνει πως θα δημιουργηθούν 7 διαφορετικοί γράφοι με όλα τα υπόλοιπα στοιχεία τους ίδια, εκτός από το ποσοστό συμμετρικών ακμών. Οι περισσότερες παράμετροι παίρνουν πολλαπλές τιμές με τον ίδιο τρόπο που παίρνει πολλαπλές τιμές και η παράμετρος `percentage`, εκτός από τις παραμέτρους του αρχείου εισόδου που αναφέρονται στους υπογράφους. Για την ομαλή εκτέλεση και των δύο προγραμμάτων είναι σημαντικό οι πολλαπλές τιμές να δίνονται όπως υποδεικνύεται στην παρούσα ενότητα.

```
instances:1
hypergraph:9
hypergraphfile:degreesequence.txt
edgesbetweensub:[2,4]
subgraphsnum:2
subgraphs:1 3
subgraphfiles:barabasisub.txt kregularsub.txt
percentagesofsubgraphs:25 75
percentage: [-1,100]
```

Σχήμα 4.47 input.txt

Στο σχήμα 4.47 βλέπουμε πως οι παράμετροι `edgesbetweensub` και `percentage` παίρνουν πολλαπλές τιμές. Σε αυτή την εκτέλεση θα δημιουργηθούν 4 γράφοι. Αυτοί οι 4 γράφοι είναι οι πιο κάτω τέσσερις συνδυασμοί:

- `edgesbetweensub:2, percentage:-1`
- `edgesbetweensub:4, percentage:-1`
- `edgesbetweensub:2, percentage:100`
- `edgesbetweensub:2, percentage:100`

Όσο αφορά τους υπεργράφους, είναι αναγκαστικό οι παράμετροι `hypergraph` και `hypergraphfile` να δίνονται μαζί. Κάθε τιμή που δίνεται στην παράμετρο `hypergraph` για τον τύπο του υπεργράφου, δίνεται η αντίστοιχη στην παράμετρο `hypergraphfile` για το αρχείο περιγραφής του υπεργράφου.

```
instances:1
hypergraph:[9,7]
hypergraphfile:[degreesequence.txt,recentdegree.txt]
edgesbetweensub:[2,4]
subgraphsnum:2
subgraphs:1 3
subgraphfiles:barabasisub.txt kregularsub.txt
percentagesofsubgraphs:25 75
percentage:-1
```

Σχήμα 4.48 input.txt

Στο σχήμα 4.48 βλέπουμε πως δίνονται από δύο τιμές στα `hypergraph`, `hypergraphfile`. Έχουμε δύο μοντέλα υπεργράφων, ένα μοντέλο είδους 9, degree sequence με αρχείο περιγραφής το `degreesequence.txt` και ένα μοντέλο είδους 7, μοντέλο recent degree με αρχείο περιγραφής του το `recentdegree.txt`. Για κάθε πολλαπλή τιμή που δίνεται στη παράμετρο `hypergraph` που δηλώνει το είδος υπεργράφου, πρέπει να δίνεται και το αντίστοιχο αρχείο περιγραφής του στην επόμενη παράμετρο.

```
instances:1
hypergraph:9
hypergraphfile:degreesequence.txt
edgesbetweensub:2
subgraphsnum:[2,1,3]
subgraphs:[[1,3],[4],[5,6,7]]
subgraphfiles:[[barsub.txt kregsub.txt],[statpowsub.txt],[forestsub.txt,growingrsub.txt,recentdsub.txt]]
percentagesofsubgraphs:[[50,50],[100],[33.3,33.7,33]]
percentage:-1
```

Σχήμα 4.49 input.txt

Στο πιο πάνω σχήμα δίνουμε πολλαπλές τιμές στους υπογράφους του γράφου. Όπως και για τους υπεργράφους, έτσι και για τους υπογράφους υπάρχουν κάποιοι παράμετροι οι οποίες εξαρτώνται μεταξύ τους και δεν μπορούν να δίνονται ανεξάρτητα. Στο πιο πάνω σχήμα δίνονται οι εξής παράμετροι για τους υπογράφους:

Για την παράμετρο `subgraphsnum` δίνεται:

[2,1,3]

Για την παράμετρο `subgraphs` δίνεται:

[[1,3],[4],[5,6,7]]

Για την παράμετρο `subgraphfiles` δίνεται:

[[barsub.txt,kregsub.txt],[statpowsub.txt],[forestsub.txt,growingrsub.txt,recentdsub.txt]]

Για την παράμετρο `percentagesofsubgraphs` δίνεται:

[[50,50],[100],[33.3,33.7,33]]

Η παράμετρος `subgraphsnum` δείχνει πόσα διαφορετικά είδη υπογράφων θα έχουμε, και σε αυτή τη περίπτωση έχουμε 3 αριθμούς, τους αριθμούς 2, 1 και 3. Ο πρώτος γράφος που θα κτιστεί θα έχει δύο διαφορετικούς υπογράφους, τύπων 1 και 3 με αρχεία περιγραφής `barsub.txt`, `kregsub.txt` και θα αποτελούν από 50% των κόμβων του υπεργράφου. Άρα αν ο υπεργράφος είναι ίδιος με τα προηγούμενα παραδείγματα και έχει 4 κόμβους, σημαίνει θα έχουμε 2 υπογράφους `barabasi` και 2 υπογράφους `k-regular`. Στον δεύτερο γράφο που θα κτιστεί, έχουμε μόνο 1 είδος υπογράφου, τύπου 4 όπως δίνεται στην παράμετρο `subgraphs`, με αρχείο `statpowsub.txt` και θα έχει 100% εμφάνιση στους κόμβους του υπογράφου, αφού είναι το μοναδικό μοντέλο αυτού του συνδυασμού. Στον τρίτο συνδυασμό έχουμε 3 διαφορετικά μοντέλα υπογράφων, μοντέλα 5, 6, 7 με τα αντίστοιχα αρχεία που φαίνονται στην επόμενη παράμετρο. Όπως έχει αναφερθεί, τα ποσοστά εμφάνισης των υπογράφων στον τελικό γράφο, όταν αθροιστούν πρέπει να έχουν αποτέλεσμα 100%. Συνοπτικά, όσο αφορά τους υπογράφους στο αρχείο εισόδου, οι παράμετροι `subgraphsnum`, `subgraphs`, `subgraphfiles`, `percentagesofsubgraphs` είναι εξαρτώμενοι και για κάθε τιμή που δίνεται σε αυτές τις παραμέτρους πρέπει να δίνεται η αντίστοιχη και στις υπόλοιπες.

Οι πολλαπλές τιμές δεν περιορίζονται μόνο στο αρχείο εισόδου, αλλά και σε κάθε αρχείο που περιγράφει κάποιο γράφο. Κάθε παράμετρος που δίνεται σε κάποιο αρχείο κάποιου γράφου μπορεί να πάρει πολλαπλές τιμές.

```
vertices:[2,4]
probability:[0.7,0.33,0.56]
directed:1
percentage:0
```

Σχήμα 4.50 erdosrenyisub.txt

```
vertices:9
fw_prob:0.2
bw_factor:2
ambs:5
directed:[1,0]
```

Σχήμα 4.51 forestfire.txt

Στα σχήματα 4.50 και 4.51 βλέπουμε δύο αρχεία με πολλαπλές τιμές, τα οποία περιγράφουν μοντέλα erdos-renyi και forest fire αντίστοιχα. Το πρώτο μοντέλο έχει 6 (2x3) συνδυασμούς άρα 6 διαφορετικούς γράφους μοντέλου erdos-renyi, και το δεύτερο μοντέλο έχει 2 διαφορετικούς συνδυασμούς.

Ας υποθέσουμε πως στο αρχείο εισόδου που δίνεται στο σχήμα 4.52, τα αρχεία erdosrenyisub.txt και forestfire.txt είναι τα αρχεία που περιγράφονται στα σχήματα 4.50 και 4.51. Έχουμε 6 συνδυασμούς για τον υπογράφο, και 2 για τον υπεργράφο. Αυτό σημαίνει πως θα δημιουργηθούν 12 γράφοι αφού έχουμε 12 (2x3x2) συνδυασμούς παραμέτρων.

```
instances:1
hypergraph:5
hypergraphfile:forestfire.txt
edgesbetweensub:2
subgraphsnum:1
subgraphs:2
subgraphfiles:erdosrenyisub.txt
percentagesofsubgraphs:100
percentage:-1
```

Σχήμα 4.52 input.txt

Αν τροποποιήσουμε το πιο πάνω αρχείο εισόδου και δώσουμε την παράμετρο percentage ως εξής:

```
percentage:[-1,2,60,99]
```

Θα έχουμε 12x4 άρα 48 συνδυασμούς. Έχει εξηγηθεί πιο πάνω πως έχουμε ήδη 12 συνδυασμούς υπεργράφου-υπογράφων, όπου για κάθε ένα από τους 12 συνδυασμούς θα τον κτίζαμε με 4 διαφορετικά ποσοστά συμμετρικών ακμών. Άρα συνολικά θα δημιουργηθούν 48 διαφορετικοί γράφοι.

4.6 Παράμετρος instances

Η παράμετρος instances που δίνεται στο αρχείο εισόδου δηλώνει πόσοι γράφοι θα δημιουργηθούν για κάθε συνδυασμό, δηλαδή για τιμή n στην παράμετρο αυτή, θα δημιουργηθούν n τυχαίοι γράφοι για κάθε συνδυασμό. Αυτό είναι ιδιαίτερα χρήσιμο όταν θέλουμε να αναλύσουμε διάφορους γράφους και θέλουμε αρκετά περιστατικά κάθε γράφου για να σιγουρευτούμε πως τα αποτελέσματα που βλέπουμε δεν οφείλονται στην τυχειότητα των γράφων αλλά είναι κάτι το οποίο συμβαίνει συχνά στις εκτελέσεις ενός συνδυασμού παραμέτρων.

Για παράδειγμα, έστω το αρχείο του σχήματος 4.52, και έστω ότι αναφέρει τα αρχεία στα σχήματα 4.50 και 4.51. Ας υποθέσουμε επίσης πως η παράμετρος instances δεν έχει την τιμή 1 αλλά παίρνει την τιμή 3. Τότε θα είχαμε 144 (48×3) γράφους. Αυτοί οι 144 γράφοι είναι 3 τυχαίοι γράφοι για κάθε έναν από τους 48 συνδυασμούς. Ακόμα ένα παράδειγμα είναι το σχήμα 4.49. Αν σε αυτό το αρχείο εισόδου υποθέσουμε πως κανένα από τα αρχεία που αναφέρει δεν έχει πολλαπλές τιμές, σημαίνει πως έχουμε 3 συνδυασμούς. Αν τώρα τροποποιούσαμε την παράμετρο instances και της δίνουμε την τιμή 10, σημαίνει πως για κάθε έναν από αυτούς τους 3 συνδυασμούς θα κτιστούν 10 τυχαίοι γράφοι, με ίδια χαρακτηριστικά. Άρα συνολικά θα κτιστούν 30 γραφήματα.

Για κάθε συνδυασμό δημιουργείτε ένας φάκελος στον υπολογιστή του χρήστη, στο μονοπάτι που βρίσκονται τα προγράμματα και από όπου τα τρέχει. Αυτός ο φάκελος περιέχει όλους τους τυχαίους γράφους που δημιουργήθηκαν, ανάλογα με την παράμετρο instances, για τον συγκεκριμένο συνδυασμό. Περιέχει επίσης ένα αρχείο που περιγράφει περιληπτικά τον συνδυασμό και ακόμη ένα αρχείο που περιγράφει αναλυτικά τις ακμές του κάθε γράφου. Αν για παράδειγμα έχουμε 6 συνδυασμούς τιμών στις παραμέτρους και η παράμετρος instances έχει την τιμή 10, σημαίνει πως θα δημιουργηθούν 6 φάκελοι, οι οποίοι περιέχουν από 10 αρχεία γράφων με τα ίδια χαρακτηριστικά. Αυτοί οι 6 φάκελοι θα περιέχουν επίσης ένα αρχείο που περιγράφει τον συνδυασμό τους και ένα αρχείο που περιγράφει τις ακμές κάθε γράφου.

Κεφάλαιο 5

Πειράματα

5.1 Εισαγωγή	70
5.2 Συνδυασμοί	70
5.3 Αποτελέσματα	74

5.1 Εισαγωγή

Τα προγράμματα μου παίρνουν ως είσοδο ένα αρχείο με διάφορους συνδυασμούς χαρακτηριστικών των θεωριών που θέλουμε να δημιουργηθούν και επιστρέφουν ως αποτέλεσμα αυτές τις θεωρίες. Οι γράφοι που επιστρέφονται δίνονται ως είσοδος στο σύστημα mu-toksia [17]. Όταν δοθεί κάποιος γράφος στο σύστημα αυτό, επιστρέφεται κάποιο ευσταθή μοντέλο του γράφου, ή επιστρέφεται NO αν δεν υπάρχει.

Για τους διάφορους συνδυασμούς παραμέτρους που αναφέρονται, εξετάστηκε το ποσοστό ύπαρξης ευσταθούς μοντέλου στο γράφημα και ο χρόνος που χρειάστηκε κατά μέσο όρο για κάθε πείραμα. Αν το σύστημα έτρεχε για περισσότερο από κάποια λεπτά που δίναμε ως timeout, τότε τερματιζόταν η εύρεση για τον συγκεκριμένο γράφο και θεωρούταν πως δεν υπάρχει ευσταθή μοντέλο.

5.2 Συνδυασμοί

Οι συνδυασμοί γραφημάτων που έχω τρέξει είναι διάφοροι συνδυασμοί που καταλήγουν στο να έχει ο τελικός γράφος 1600 κόμβους ή κοντά στους 1600. Για κάθε συνδυασμό υπεργράφου με υπογράφο έχουν δοθεί διάφορες τιμές στην παράμετρο percentage του αρχείου εισόδου και στην παράμετρο edgesbetweensub. Οι συνδυασμοί υπεργράφου/υπογράφου είναι:

1. Erdos/Erdos (40/40)
2. Erdos/Erdos (50/32)
3. Erdos/Erdos (80/20)
4. Erdos/Erdos (20/80)
5. Barabasi/Barabasi (40/40)
6. Barabasi/Barabasi (30/53)
7. Barabasi/Barabasi (53/30)
8. Barabasi/Barabasi (20/80)
9. Barabasi/Barabasi (80/20)
10. Barabasi/Erdos (40/40)
11. Barabasi/Erdos (30/53)
12. Barabasi/Erdos (53/30)
13. Barabasi/Erdos (20/80)
14. Barabasi/Erdos (80/20)

Πιο πάνω, βλέπουμε τους συνδυασμούς ως υπεργράφοι/υπογράφοι και σε παρένθεση δίπλα πόσοι κόμβοι έχουν δοθεί στον υπεργράφο και πόσοι στον υπογράφο αντίστοιχα. Για κάθε ένα από τα πιο πάνω γραφήματα έχει δοθεί η τιμή 10 στην παράμετρο `instances`, και έχουν εκτελεστεί με το πρόγραμμα `graphgeneratorV1.py` με τιμή στην παράμετρο `keepdensity` 0. Για τους συνδυασμούς 5, 6, 7, 8, 9 έχουμε δώσει ως `timeout` 600 δευτερόλεπτα. Δηλαδή αν δεν βρεθεί κάποιο ευσταθή μοντέλο εντός 10 λεπτών για κάποιο γράφημα, τερματίζεται η αναζήτηση για αυτό το γράφημα και θεωρούμε πως δεν υπάρχει ευσταθή μοντέλο σε αυτό τον γράφο. Για όλους τους υπόλοιπους συνδυασμούς έχει δοθεί `timeout` 360 δευτερόλεπτα, άρα τερματίζεται η αναζήτηση και θεωρείται πως δεν υπάρχει ευσταθή μοντέλο αν δεν βρεθεί τα πρώτα 6 λεπτά.

Στους συνδυασμούς που περιέχουν μοντέλο Erdos-Renyi έχουν δοθεί διάφορες τιμές στην παράμετρο `probability`. Στην πειραματική ανάλυση των γραφημάτων αυτών δεν έχουμε λάβει υπόψη τις τιμές που πήραν οι γράφοι στην παράμετρο `probability` ως παράγοντας που επηρεάζει τα αποτελέσματα μας, και παίρνουμε ένα μέσο όρο των αποτελεσμάτων για όλες τις τιμές σε αυτή την παράμετρο. Οι συνδυασμοί που μελετήθηκαν έχουν χωριστεί για κάθε πείραμα ως εξής:

1. Erdos/Erdos (40/40)
 - 1.1 percentages 2, 4, 6, 8, 10, 12
 - 1.2 percentage -1
 - 1.3 fraction
2. Erdos/Erdos (50/32)
 - 2.1 percentages 2, 4, 6, 8, 10, 12
 - 2.2 percentage -1
 - 2.3 fraction
3. Erdos/Erdos (80/20)
 - 3.1 percentage 2, 4, 6, 8, 10, 12
 - 3.2 percentage -1
 - 3.3 fraction
4. Erdos/Erdos (20/80)
 - 4.1 percentage 2, 4, 6, 8, 10, 12
 - 4.2 percentage -1
 - 4.3 fraction
5. Barabasi/Barabasi (40/40)
 - 5.1 percentage 0.1, 1, 4, 8, 12
6. Barabasi/Barabasi (30/53)
 - 6.1 percentage 0.1, 1, 4, 8, 12
7. Barabasi/Barabasi (53/30)
 - 7.1 percentage 0.1, 1, 4, 8, 12
8. Barabasi/Barabasi (20/80)
 - 8.1 percentage 0.1, 1, 4, 8, 12
9. Barabasi/Barabasi (80/20)
 - 9.1 percentage 0.1, 1, 4, 8, 12
10. Barabasi/Erdos (40/40)
 - 10.1 percentage 0.1, 1, 4, 8, 12
 - 10.2 percentage -1
 - 10.3 fraction
11. Barabasi/Erdos (30/53)
 - 11.1 percentage 0.1, 1, 4, 8, 12
 - 11.2 percentage -1

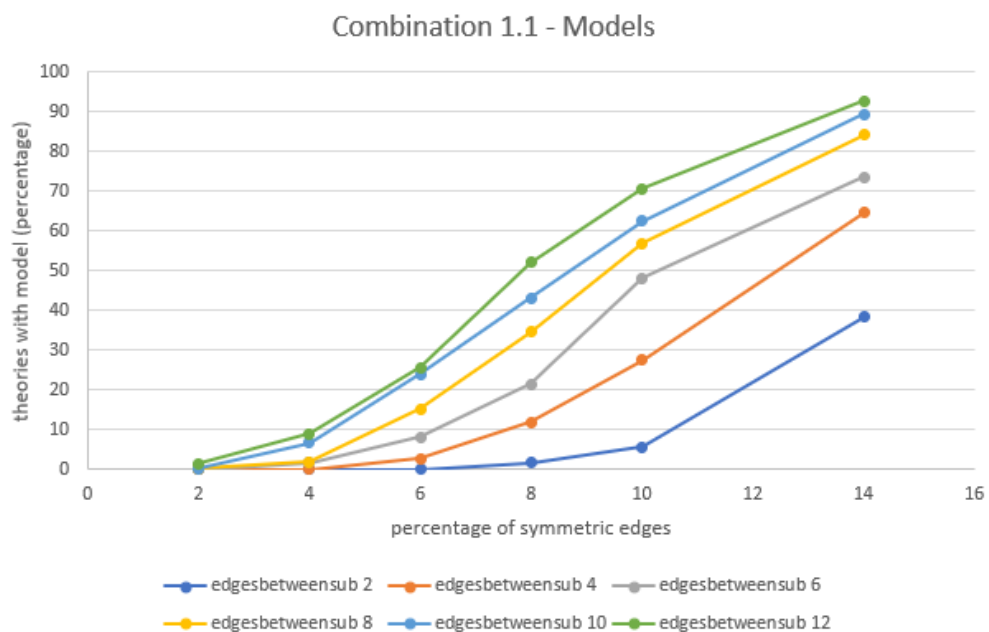
- 11.3 fraction
- 12. Barabasi/Erdos (53/30)
 - 12.1 percentage 0.1, 1, 4, 8, 12
 - 12.2 percentage -1
 - 12.3 fraction
- 13. Barabasi/Erdos (20/80)
 - 13.1 percentage 0.1, 1, 4, 8, 12
 - 13.2 percentage -1
 - 13.3 fraction
- 14. Barabasi/Erdos (80/20)
 - 14.1 percentage 0.1, 1, 4, 8, 12
 - 14.2 percentage -1
 - 14.3 fraction

Θέλουμε να εξετάσουμε πως επηρεάζεται η πιθανότητα εύρεσης ευσταθών μοντέλων σε ένα γράφημα από το ποσοστό συμμετρικών ακμών που έχει το γράφημα και τον αριθμό ακμών που ενώνουν τα διάφορα υπογραφήματα. Επίσης εξετάζουμε και την σημασία που έχει η κατανομή κόμβων στο γράφημα καθώς και τον λόγο των ακμών που ενώνουν τους διάφορους υπογράφους προς τις ακμές εσωτερικά των υπογράφων.

Για πολλά από τα πειράματα έχουμε εξετάσει ξεχωριστά την τιμή -1 στην παράμετρο percentage από όλες τις υπόλοιπες τιμές που δόθηκαν σε αυτή την παράμετρο. Τα πειράματα έχουν διαχωριστεί με τέτοιο τρόπο αφού αν η παράμετρος percentage έχει οποιαδήποτε άλλη τιμή εκτός από -1 σημαίνει πως αυτή η τιμή θα είναι το ποσοστό συμμετρικών ακμών του γράφου, όμως για τιμή -1 ο γράφος παραμένει με το ποσοστό συμμετρικών ακμών που είχε κατά την υλοποίηση του χωρίς οποιαδήποτε αλλαγή. Σε αυτή την περίπτωση εξετάζεται μόνο η σχέση της παραμέτρου edgesbetweensub με το ποσοστό εύρεσης ευσταθών μοντέλων και η σχέση του λόγου των ακμών ανάμεσα στους υπογράφους προς τις ακμές εσωτερικά των γραφημάτων.

5.3 Αποτελέσματα

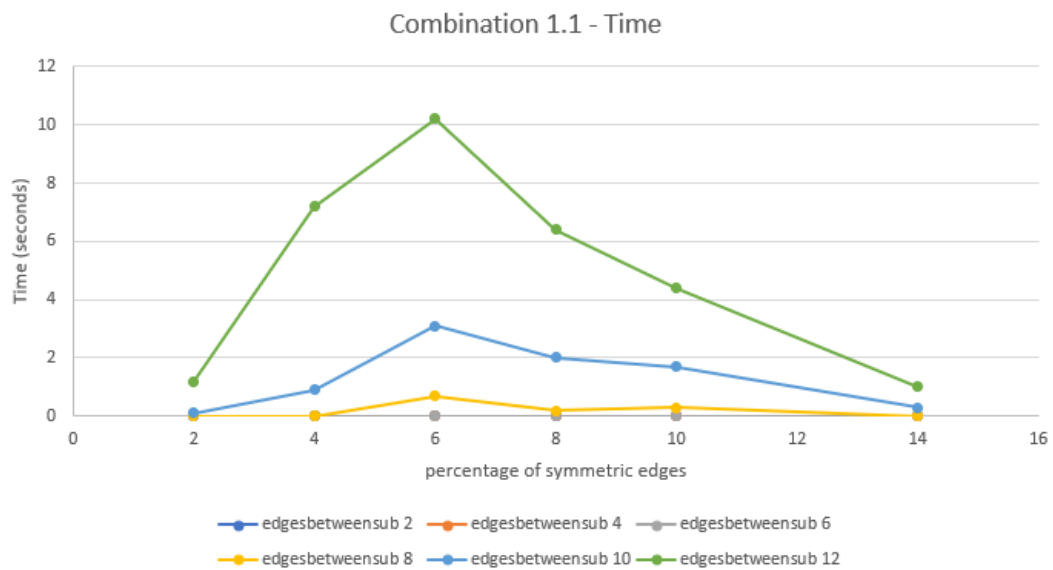
Πιο κάτω φαίνονται οι διάφοροι συνδυασμοί γράφων Erdos/Erdos, Barabasi/Barabasi και Barabasi/Erdos με διάφορες κατανομές κόμβων στο τελικό γράφημα, με όλα τα γραφήματα να έχουν συνολικά περίπου 1600 κόμβους. Για κάθε συνδυασμό αναφέρονται οι διαφορετικές παράμετροι που δόθηκαν στα αρχεία εισόδου και αρχεία περιγραφής των γραφημάτων του. Τα αποτελέσματα χρόνου στα πιο κάτω σχήματα έχουν υπολογιστεί κατά μέσο όρο για τα γραφήματα των συνδυασμών που υποδεικνύονται στις γραφικές παραστάσεις. Τα αποτελέσματα ποσοστού εύρεσης ευσταθών μοντέλων εξάχθηκαν από το σύνολο εύρεσης ευσταθών μοντέλων των διάφορων γράφων κάθε συνδυασμού που φαίνεται στις γραφικές.



Σχήμα 5.1 Combination 1.1 – Models

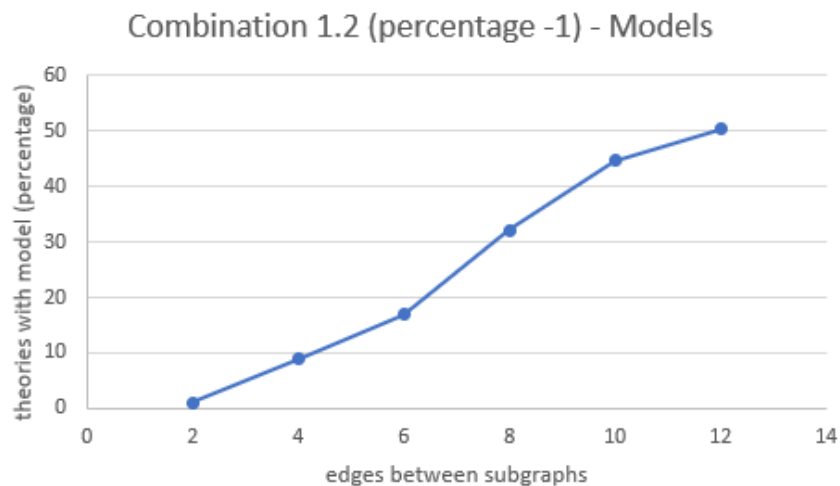
Στο σχήμα 5.1 βλέπουμε τα αποτελέσματα για την πρώτη ανάλυση του πρώτου συνδυασμού. Στον οριζόντιο άξονα περιγράφονται τα ποσοστά συμμετρικών ακμών που δόθηκαν, και κάθετο άξονα φαίνεται σε συσχέτιση το ποσοστό των γραφημάτων για τα οποία βρέθηκε ευσταθής επέκταση. Αυτός ο συνδυασμός έτρεξε με τις τιμές 2, 4, 6, 8, 10, 12 στην παράμετρο edgesbetweensub και τις τιμές 2, 4, 6, 8, 10, 14 στην παράμετρο percentage του αρχείου εισόδου. Στα αρχεία του υπεργράφου και του υπογράφου έχουν δοθεί οι τιμές 0.08, 0.12, 0.15, 0.18, 0.21, 0.24 στις παραμέτρους

probability. Συνολικά υπάρχουν 1296 συνδυασμοί για τους οποίους κτίστηκαν από 10 γραφήματα. Για κάθε μέτρηση ποσοστού ευσταθών μοντέλων, αυτό το ποσοστό εξάχθηκε από 360 γράφους, αφού για κάθε συνδυασμό των παραμέτρων percentage – edgesbetweensub είχαμε 36 συνδυασμούς των παραμέτρων probability του υπεργράφου και του υπογράφου. Είναι ξεκάθαρο πως όσο αυξάνεται το ποσοστό συμμετρικών ακμών, τόσο αυξάνεται και το ποσοστό εύρεσης ευσταθών μοντέλων. Επίσης τα ποσοστά εύρεσης ευσταθών μοντέλων για κάθε ποσοστό συμμετρικών ακμών αυξάνονται για μεγαλύτερες τιμές στην παράμετρο edgesbetweensub.



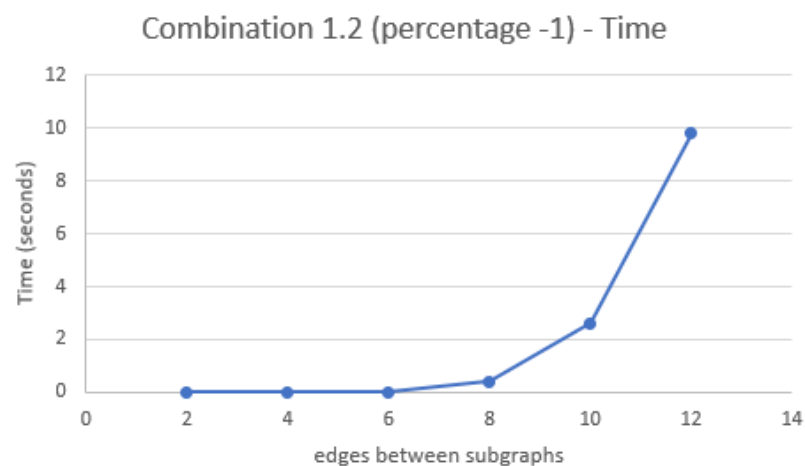
Σχήμα 5.2 Combination 1.1 – Time

Στο πιο πάνω σχήμα, για τον ίδιο συνδυασμό, φαίνεται ο χρόνος κατά μέσο όρο που μας πήρε για κάθε περίπτωση να εξάγουμε αποτελέσματα. Για τις τιμές 2, 4 και 6 στην παράμετρο edgesbetweensub είχαμε μηδενικό χρόνο για κάθε ποσοστό συμμετρικών ακμών. Για ποσοστό συμμετρικών ακμών 6 βλέπουμε πως υπάρχει μια αύξηση του μέσου χρόνου εύρεσης ευσταθών μοντέλων, και για τιμή 12 στην παράμετρο edgesbetweensub είναι σημαντικά περισσότερος ο χρόνος.



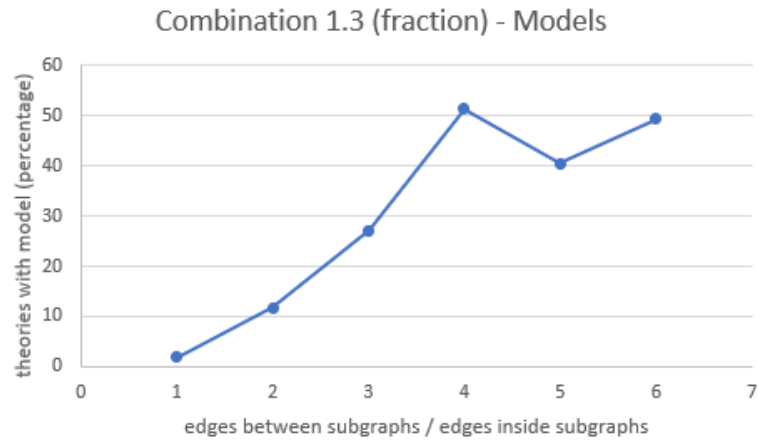
Σχήμα 5.3 Combination 1.2 – Models

Στο πιο πάνω σχήμα βλέπουμε τα αποτελέσματα του πρώτου συνδυασμού για percentage -1. Εξετάζουμε την συσχέτιση της παραμέτρου edgesbetweensub μαζί με το ποσοστό εύρεσης ευσταθών επεκτάσεων. Και πάλι, για κάθε τιμή στην παράμετρο του οριζόντιου άξονα έχουμε 360 γράφους από τους οποίους υπολογίστηκε κατά μέσο όρο πόσο είναι το ποσοστό ευσταθών επεκτάσεων. Για μεγαλύτερες τιμές στην παράμετρο edgesbetweensub έχουμε μεγαλύτερο ποσοστό εύρεσης ευσταθών επεκτάσεων.



Σχήμα 5.4 Combination 1.2 – Time

Στην πιο πάνω γραφική βλέπουμε κατά μέσο όρο τον χρόνο που χρειάστηκαν οι γράφοι με τιμή -1 στο percentage, και σε σχέση με τις ακμές που ενώνουν τους υπογράφους, να δοθεί κάποιο αποτέλεσμα. Ο χρόνος αυξάνεται όσο αυξάνεται η τιμή στην παράμετρο edgesbetweensub, με σημαντική αύξηση όταν έχει τις τιμές 10, 12.

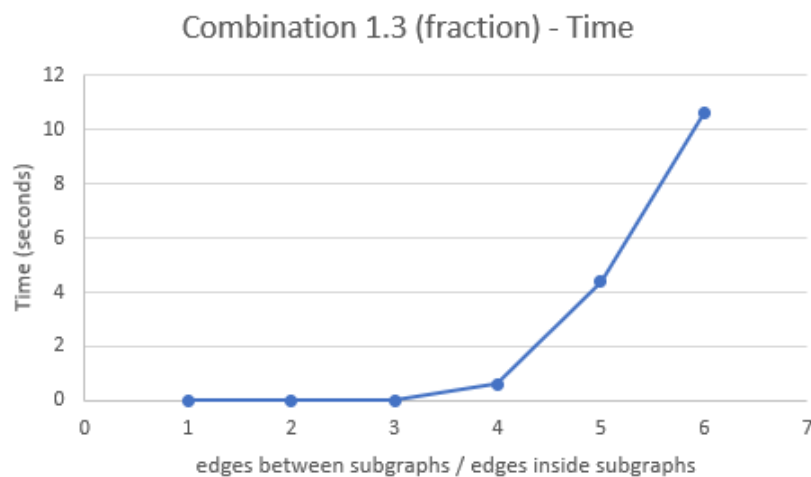


Σχήμα 5.5 Combination 1.3 – Models

Στο πιο πάνω σχήμα φαίνεται η σχέση του λόγου ακμών ανάμεσα στους υπογράφους / ακμών εσωτερικά των υπογράφων, με το ποσοστό εύρεσης ευσταθών μοντέλων για τις διάφορες θεωρίες των αντίστοιχων λόγων για percentage -1. Τα εύρη λόγων είναι:

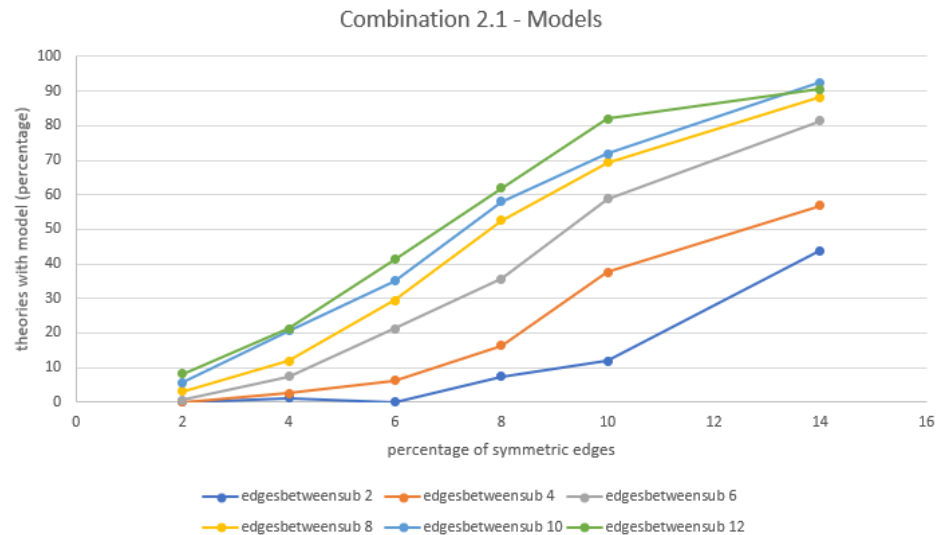
- 1: 0 – 0.04
- 2: 0.05 – 0.08
- 3: 0.09 – 0.12
- 4: 0.13 – 0.16
- 5: 0.17 – 0.2
- 6: 0.2 – 0.49

Το ψηλότερο σημείο ποσοστού θεωριών με μοντέλο είναι το σημείο 4, εύρος 0.13-0.16.



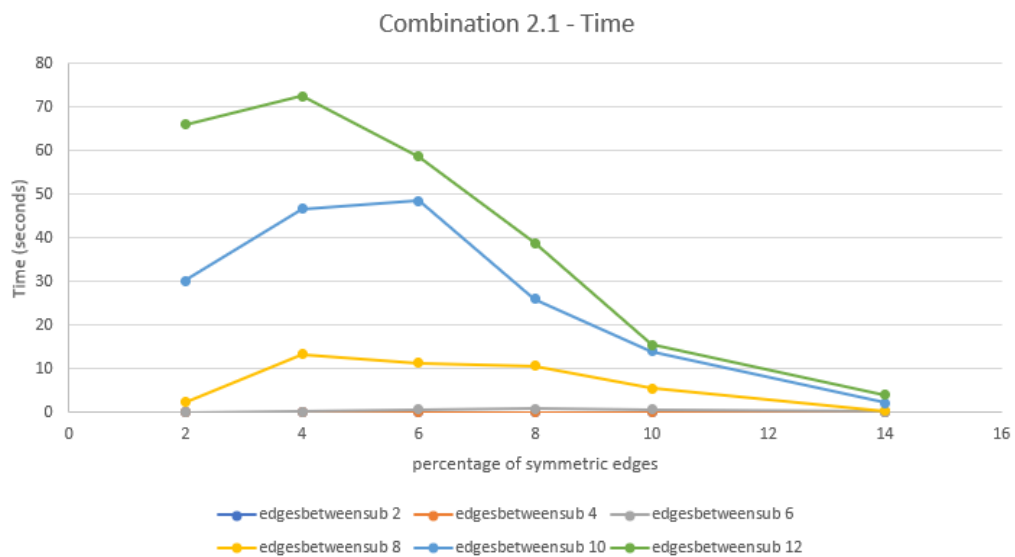
Σχήμα 5.6 Combination 1.3 – Time

Στο πιο πάνω σχήμα φαίνεται κατά μέσο όρο η ώρα που χρειάστηκαν οι θεωρίες με τον αντίστοιχο λόγο ακμών να δώσουν αποτέλεσμα κατά πόσο βρέθηκε κάποιο ευσταθή μοντέλο ή όχι. Όσο μεγαλώνει ο λόγος ακμών, τόση περισσότερη ώρα απαιτείται.



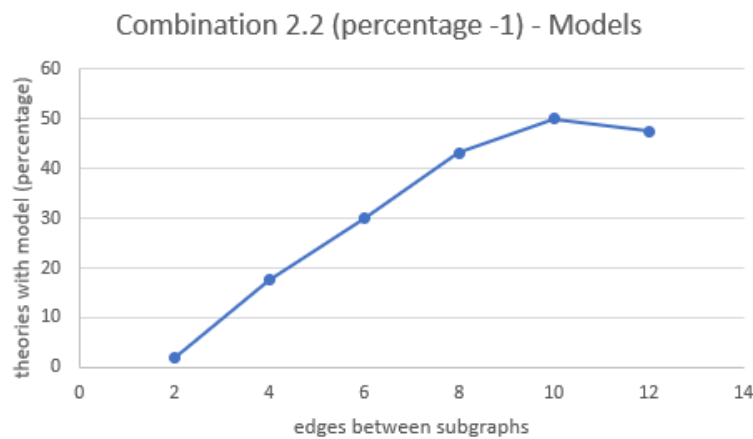
Σχήμα 5.7 Combination 2.1 – Models

Στο σχήμα 5.7 βλέπουμε το πείραμα 2.1. Για αυτό τον συνδυασμό έχουν δοθεί οι τιμές 2, 6, 8, 10, 12 στην παράμετρο edgesbetweensub και οι τιμές 2, 4, 6, 8, 10, 14 στην παράμετρο percentage του αρχείου εισόδου. Έχουν δοθεί οι τιμές 0.08, 0.13, 0.18, 0.24 στην παράμετρο probability. Βλέπουμε πως όσο αυξάναμε τις παραμέτρους percentage και edgesbetweensub, τόσο αυξανόταν το ποσοστό θεωριών με ευσταθή μοντέλο.



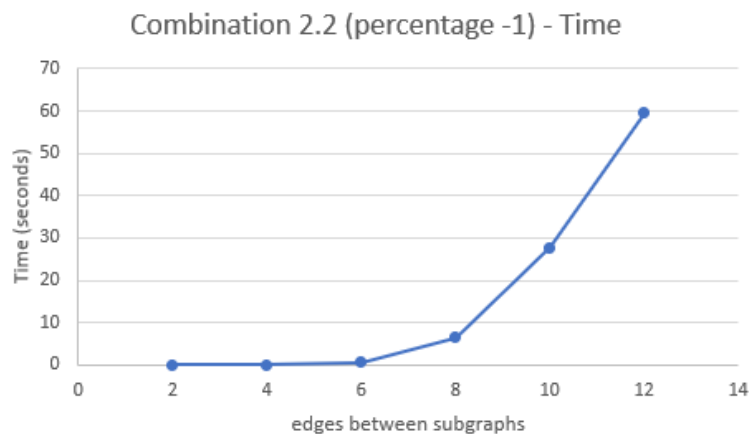
Σχήμα 5.8 Combination 2.1 – Time

Στο πιο πάνω σχήμα βλέπουμε κατά μέσο όρο πόσο χρόνο χρειάστηκε το σύστημα να δώσει κάποια απάντηση για το αν υπάρχει κάποιο ευσταθή μοντέλο ή όχι για κάθε περίπτωση. Για τις τιμές 2, 4 και 6 για την παράμετρο `edgesbtweensub` είχαμε κατά μέσο όρο μηδενικούς χρόνους. Όσο αυξάνεται η τιμή ποσοστού συμμετρικών ακμών, τόσο μειώνεται ο χρόνος εύρεσης ευσταθών μοντέλων.



Σχήμα 5.9 Combination 2.2 – Models

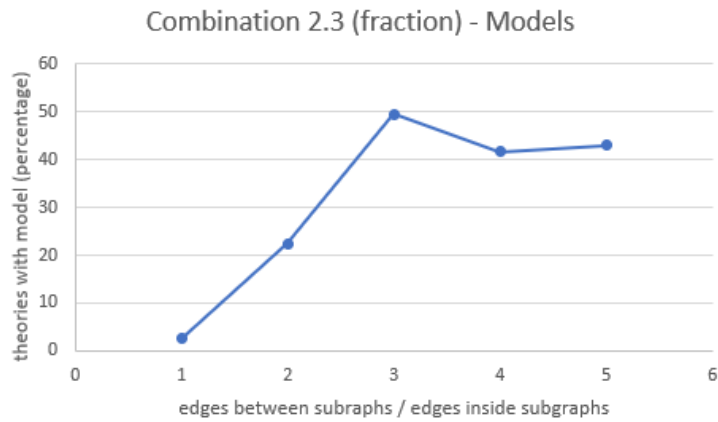
Στο πιο πάνω σχήμα φαίνεται η σχέση ανάμεσα στο ποσοστό εύρεσης ευσταθών μοντέλων και των ακμών ανάμεσα στους υπογράφους, για `percentage -1`. Το ποσοστό εύρεσης ευσταθών μοντέλων αυξάνεται όσο αυξάνεται η τιμή του `edgesbtweensub`.



Σχήμα 5.10 Combination 2.2 – Time

Τα πιο πάνω αποτελέσματα είναι για τον χρόνο εύρεσης ευσταθών μοντέλων, κατά μέσο όρο, για ποσοστό συμμετρικών ακμών `-1`. Στον οριζόντιο άξονα βλέπουμε για

παράμετρο `edgesbetweensub`, πόσο χρόνο χρειάστηκε να βρεθούν ευσταθές επεκτάσεις. Ο χρόνος αυξάνεται όσο αυξάνονται και οι τιμές της παραμέτρου `edgesbetweensub`.

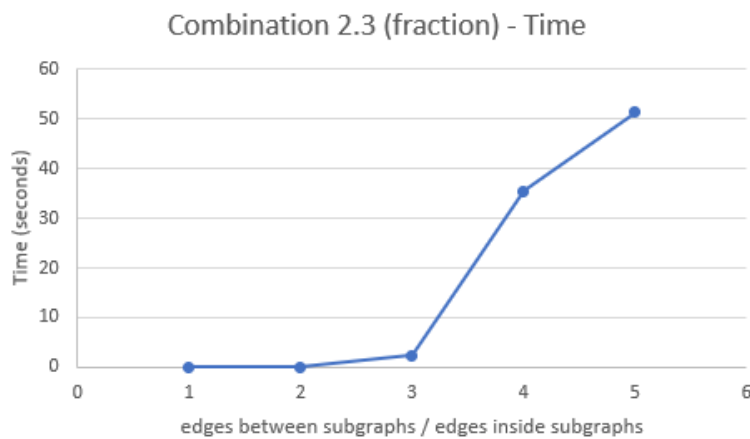


Σχήμα 5.11 Combination 2.3 - Models

Στο πιο πάνω σχήμα φαίνεται η σχέση του λόγου ακμών ανάμεσα στους υπογράφους / ακμών εσωτερικά των υπογράφων, με το ποσοστό εύρεσης ευσταθών μοντέλων για τις διάφορες θεωρίες. Η τιμή της παραμέτρου `percentage` είναι -1 και τα εύρη λόγων:

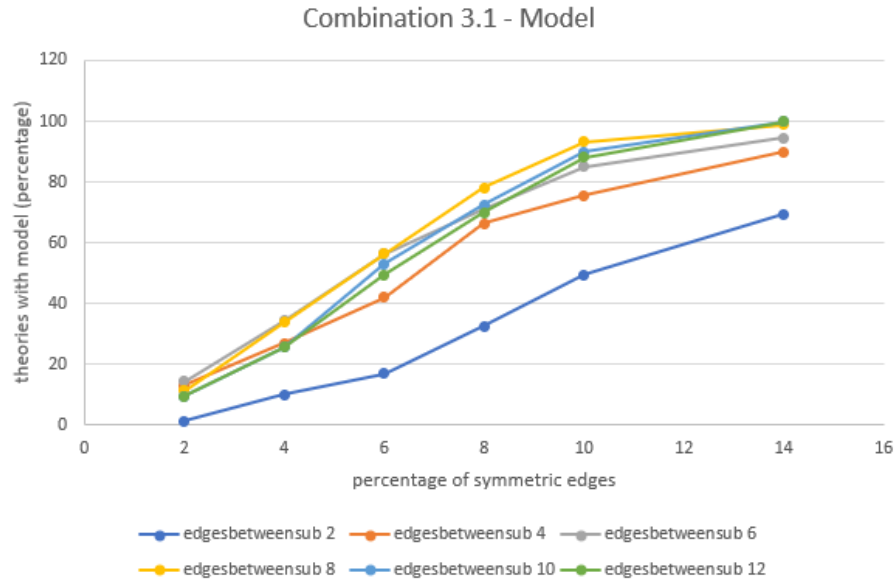
- 1: 0.03 – 0.10
- 2: 0.11 – 0.18
- 3: 0.19 – 0.27
- 4: 0.28 – 0.41
- 5: 0.42 – 1

Φαίνεται αύξηση του ποσοστού θεωριών με ευσταθές επεκτάσεις για λόγους 0.03-0.27.



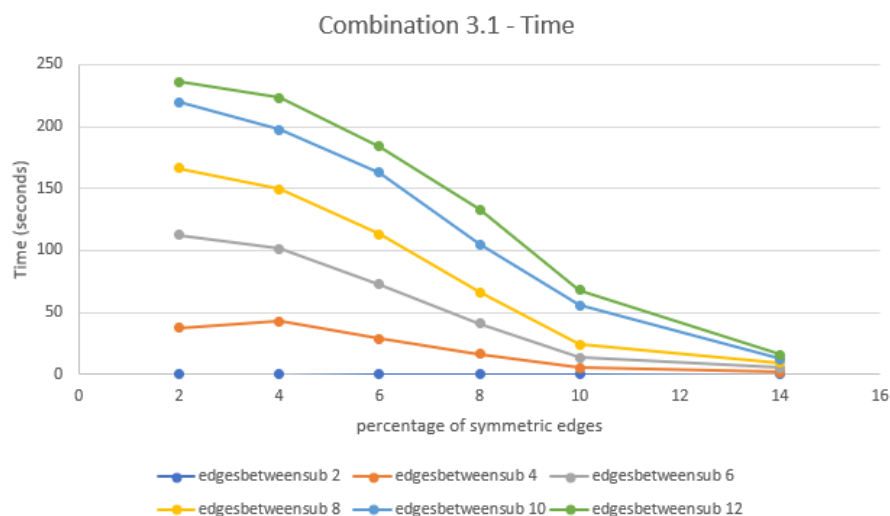
Σχήμα 5.12 Combination 2.3 - Time

Στο πιο πάνω σχήμα φαίνεται κατά μέσο όρο η ώρα που χρειάστηκαν οι θεωρίες με αντίστοιχο εύρος λόγου ακμών, να δώσουν αποτέλεσμα κατά πόσο βρέθηκε κάποιο ευσταθή μοντέλο ή όχι. Για μεγαλύτερα εύρη λόγων ο χρόνος τείνει να αυξάνεται.



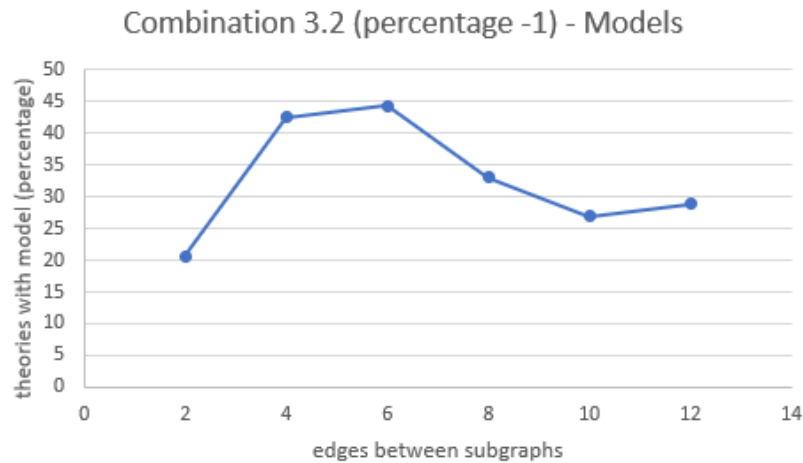
Σχήμα 5.13 Combination 3.1 – Models

Στο σχήμα 5.13 φαίνονται τα αποτελέσματα του πειράματος 3.1. Έχουν δοθεί τιμές 2, 4, 6, 8, 10, 14 και 2, 4, 6, 8, 10, 12 για τις παραμέτρους percentage και edgesbetweenus αντίστοιχα. Στους Erdos-Renyi γράφους, στην παράμετρο probability έχουν δοθεί τιμές 0.08, 0.13, 0.18, 0.24. Όσο μεγαλύτερο το ποσοστό συμμετρικών ακμών και η τιμή των ακμών ανάμεσα στους υπογράφους, τόσο μεγαλύτερο το ποσοστό θεωριών με μοντέλο.



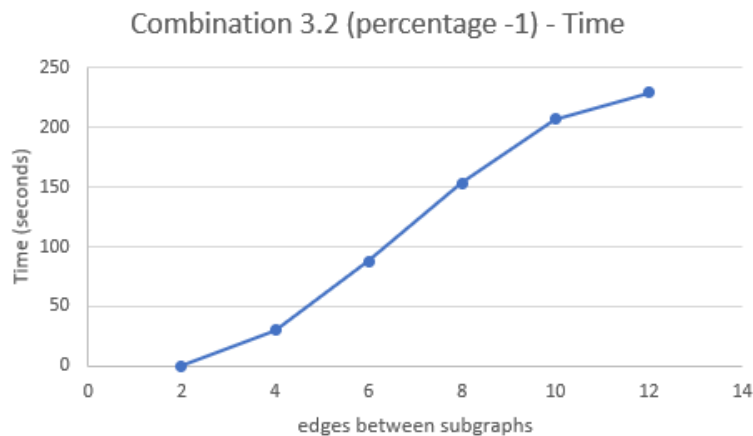
Σχήμα 5.14 Combination 3.1 – Time

Στο πιο πάνω σχήμα βλέπουμε κατά μέσο όρο πόσο χρόνο χρειάστηκε το σύστημα να δώσει κάποια απάντηση για το αν υπάρχει κάποιο ευσταθή μοντέλο ή όχι. Όσο αυξάνεται η τιμή ποσοστού συμμετρικών ακμών, τόσο μειώνεται ο χρόνος.



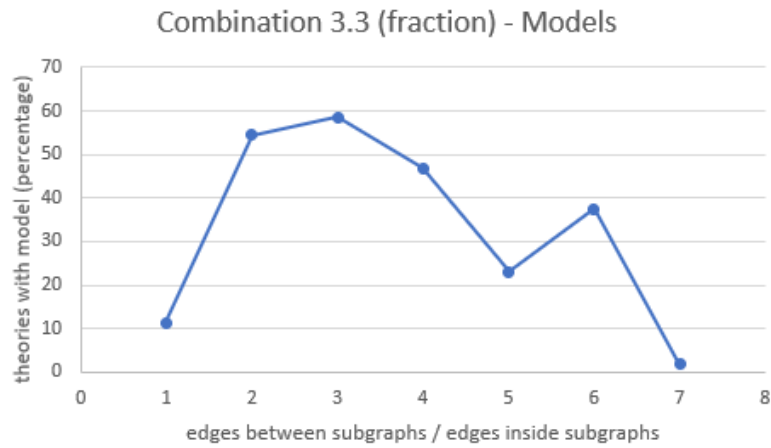
Σχήμα 5.15 Combination 3.2 – Models

Στο πιο πάνω σχήμα φαίνονται τα αποτελέσματα ποσοστού θεωριών με ευσταθή μοντέλο, για τον συνδυασμό 3.2 και τιμή -1 στην παράμετρο percentage.



Σχήμα 5.16 Combination 3.2 – Time

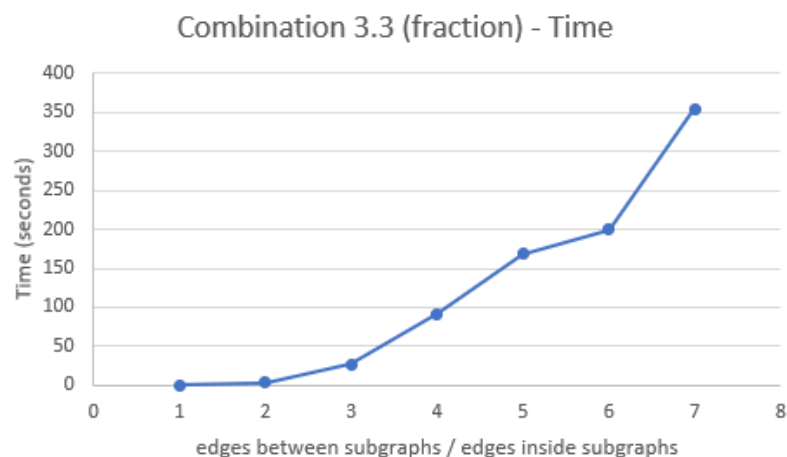
Στο πιο πάνω σχήμα, για percentage -1 και τις διάφορες τιμές στην παράμετρο edgesbetweensub βλέπουμε τον χρόνο που χρειάστηκε κατά μέσο όρο να βρεθεί αν υπάρχει ευσταθή μοντέλο. Ο χρόνος αυξάνεται όσο αυξάνεται η τιμή της παραμέτρου edgesbetweensub.



Σχήμα 5.17 Combination 3.3 – Models

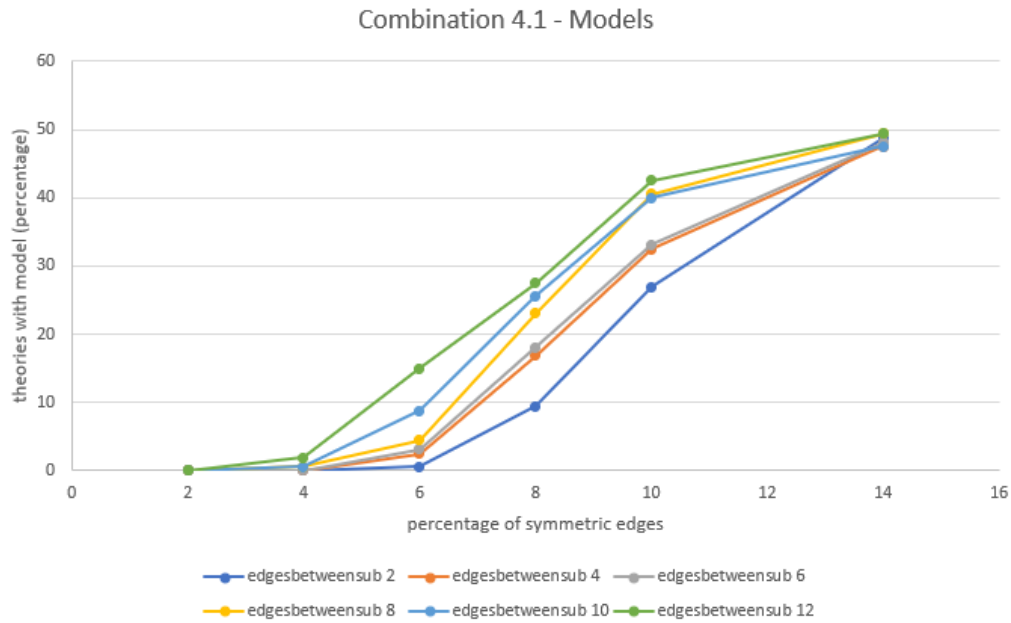
Στο πιο πάνω σχήμα φαίνεται το ποσοστό θεωριών με μοντέλο για τον λόγο ακμών ανάμεσα στους υπογράφους / ακμών εσωτερικά των υπογράφων. Η τιμή της παραμέτρου percentage είναι -1. Οι λόγοι στη γραφική (άξονας x) είναι:

- 1: 0.12 – 0.35
- 2: 0.36 – 0.46
- 3: 0.47 – 0.69
- 4: 0.7 – 0.89
- 5: 0.9 – 1.54
- 6: 1.55 – 2.27
- 7: 2.28 – 4.17



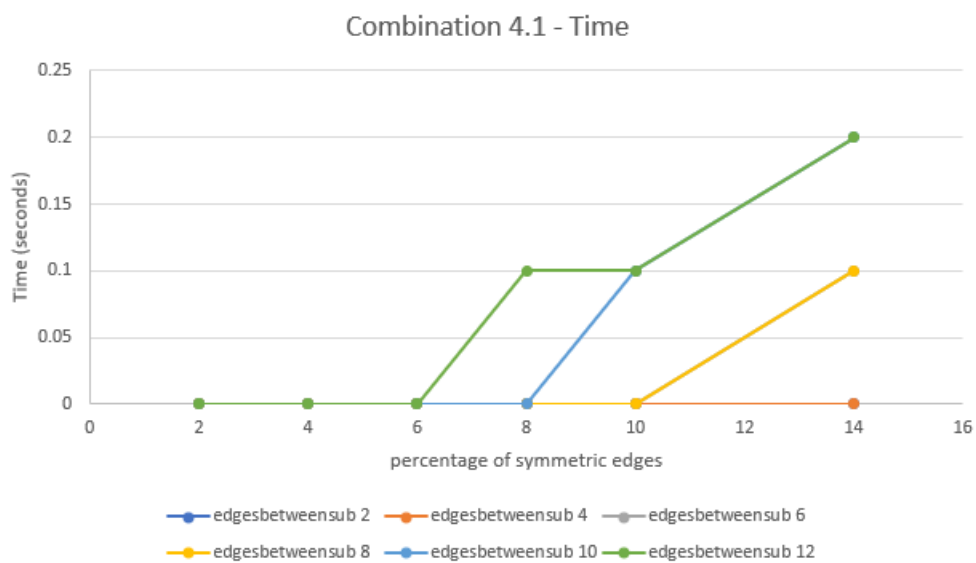
Σχήμα 5.18 Combination 3.3 – Time

Στο πιο πάνω σχήμα φαίνεται ο χρόνος αναζήτησης σε σχέση με τον λόγο ακμών.



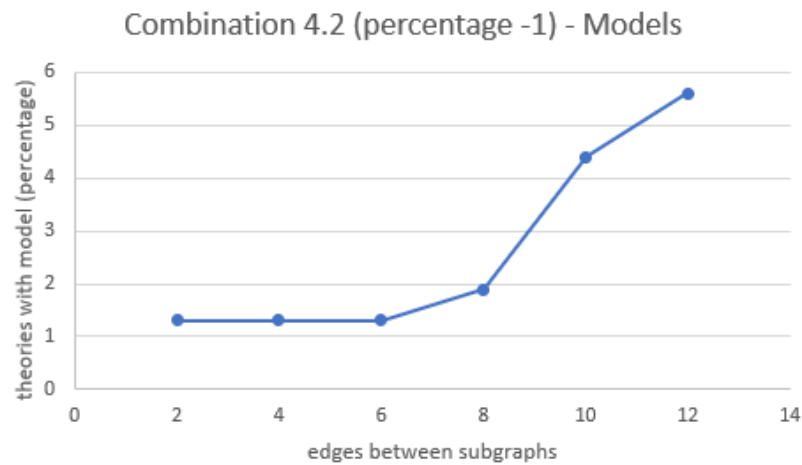
Σχήμα 5.19 Combination 4.1 – Models

Στο σχήμα 5.19 φαίνονται τα αποτελέσματα του συνδυασμού 4.1. Για αυτό το συνδυασμό έχουν δοθεί τιμές 2, 4, 6, 8, 10, 14 και 2, 4, 6, 8, 10, 12 για τις παραμέτρους percentage και edgesbetweensub αντίστοιχα, και στα αρχεία περιγραφής των Erdos-Renyi γράφων, στην παράμετρο probability έχουν δοθεί οι τιμές 0.08, 0.13, 0.18, 0.24. Άρα έχουμε συνολικά 576 συνδυασμούς. Όσο μεγαλύτερο είναι το ποσοστό συμμετρικών ακμών, τόσο μεγαλύτερο είναι το ποσοστό ευσταθών μοντέλων.



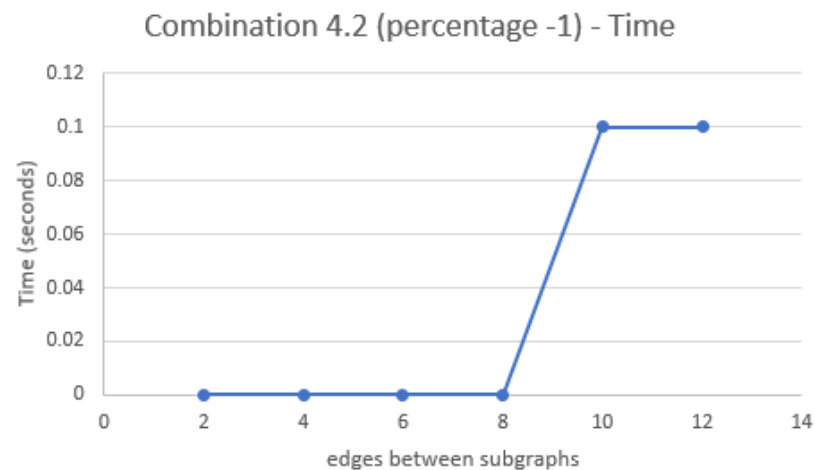
Σχήμα 5.20 Combination 4.1 - Time

Στο σχήμα 5.20 φαίνεται ο χρόνος που χρειάστηκε το σύστημα κατά μέσο όρο για τις διάφορες τιμές στις παραμέτρους percentage, edgesbetweensub του αρχείου εισόδου. Βλέπουμε πως στη συγκεκριμένη εκτέλεση ο χρόνος είναι αμελητέος και κοντά στο 0.



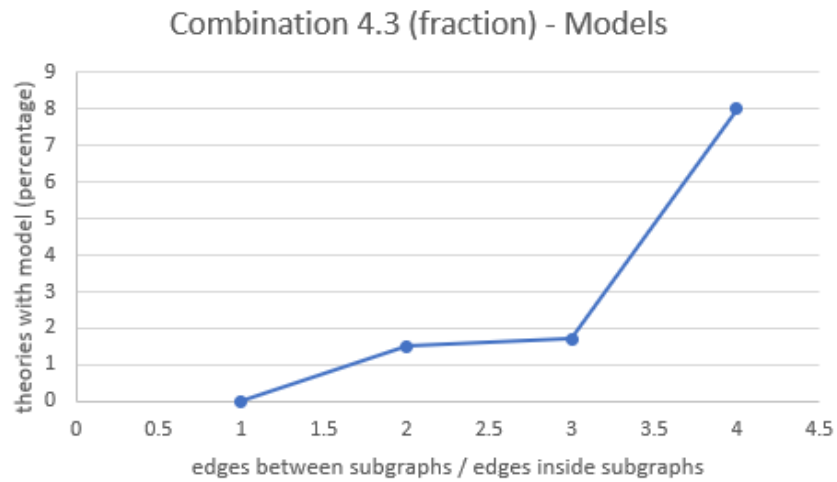
Σχήμα 5.21 Combination 4.2 – Models

Στο πιο πάνω σχήμα φαίνεται το ποσοστό εύρεσης συμμετρικών ακμών για τιμή -1 στην παράμετρο percentage και σε σχέση με την παράμετρο edgesbetweensub.



Σχήμα 5.22 Combination 4.2 – Time

Στο πιο πάνω σχήμα φαίνεται ο χρόνος που χρειάστηκε το σύστημα για τις διάφορες ακμές ανάμεσα στους υπογράφους, με τιμή στην παράμετρο percentage του αρχείου εισόδου -1. Βλέπουμε πως και για τιμή -1, ο χρόνος είναι αμελητέος.

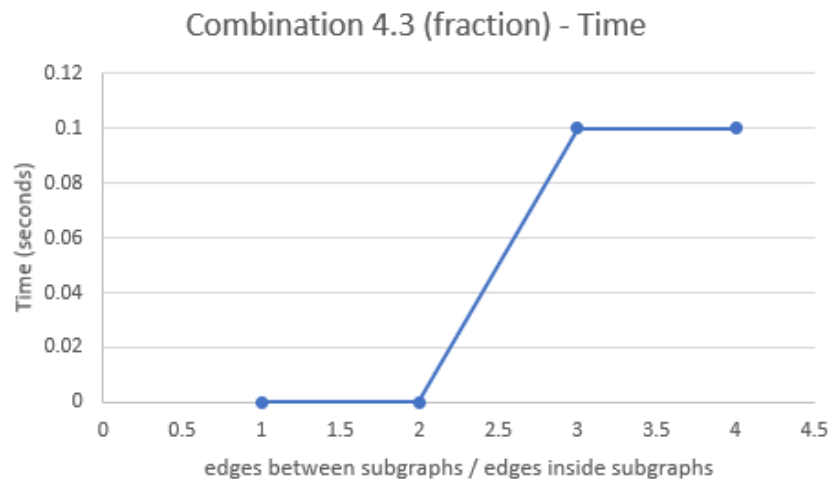


Σχήμα 5.23 Combination 4.3 – Models

Πιο πάνω φαίνεται το ποσοστό θεωριών με μοντέλο για percentage -1, και τους λόγους:

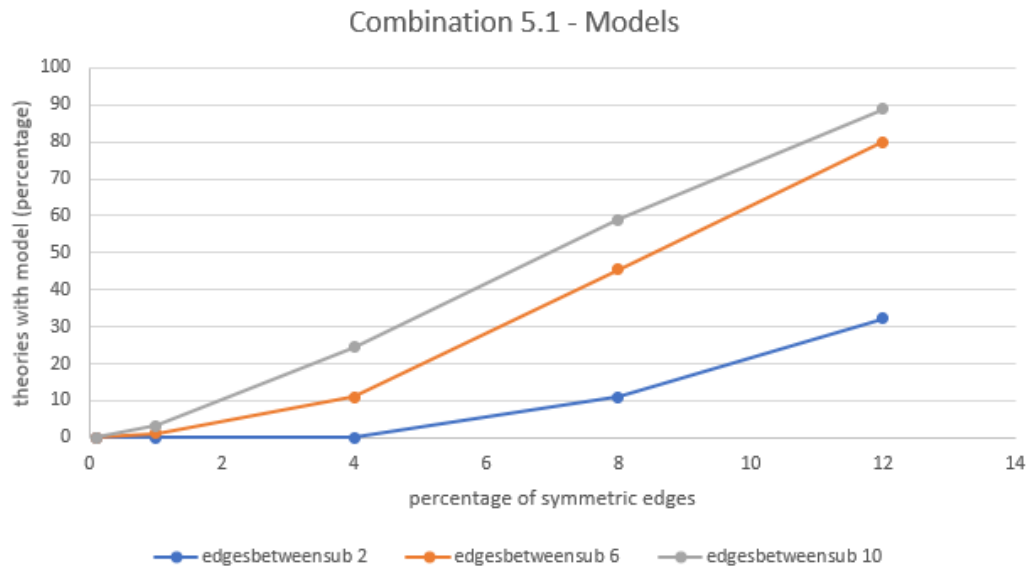
- 1: 0 – 0.006
- 2: 0.007 – 0.011
- 3: 0.012 – 0.02
- 4: 0.021 – 0.064

Το ποσοστό θεωριών με ευσταθή μοντέλο αυξάνεται όσο αυξάνεται το εύρος λόγου.



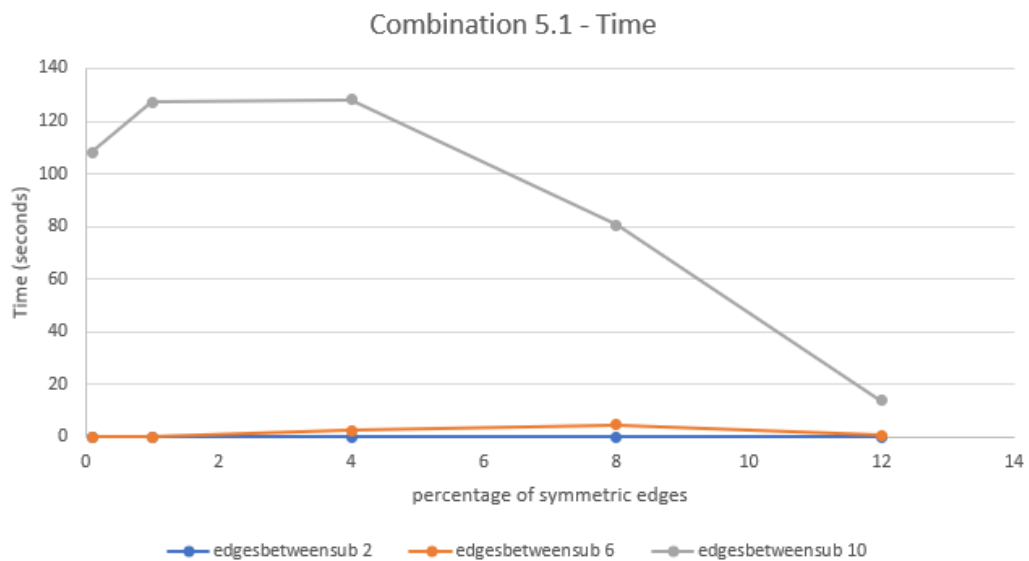
Σχήμα 5.24 Combination 4.3 – Time

Στο πιο πάνω σχήμα φαίνεται ο χρόνος εύρεσης ευσταθών μοντέλων για τις θεωρίες σε σχέση με τον λόγο των ακμών όπως έχει εξηγηθεί. Βλέπουμε πως όσο αυξάνεται ο λόγος αυξάνεται και ο χρόνος εύρεσης ευσταθών μοντέλων.



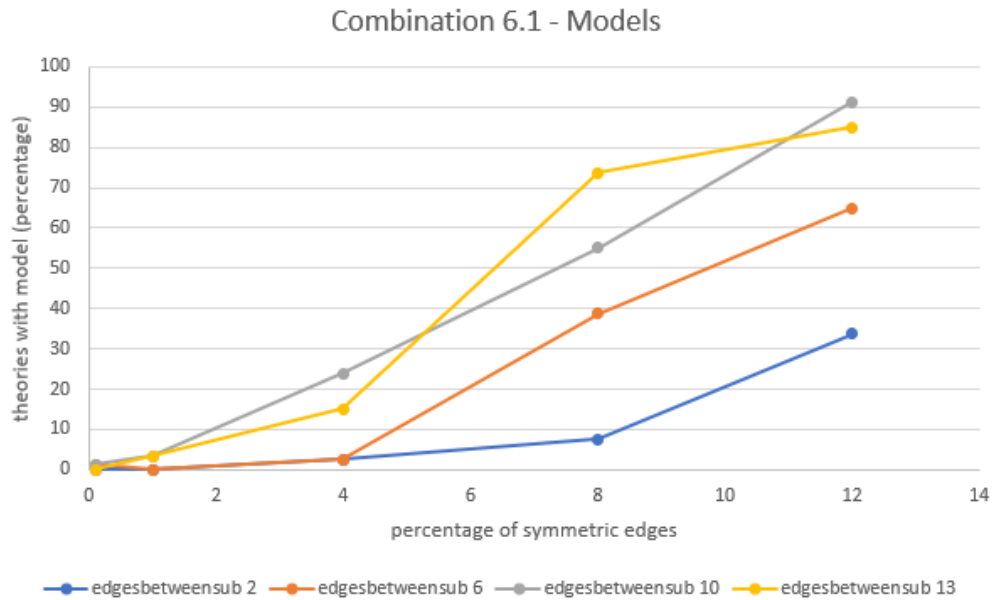
Σχήμα 5.25 Combination 5.1 – Models

Στο σχήμα 5.25 φαίνονται τα αποτελέσματα της πρώτης περίπτωσης του πέμπτου συνδυασμού. Για τον συνδυασμό 5.1, Barabasi/Barabasi, 40/40, έχουν δημιουργηθεί γραφήματα με τιμές στην παράμετρο percentage 0.1, 1, 4, 8 12. Στην παράμετρο edgesbetweensub έχουν δοθεί οι τιμές 2, 6, 10. Έχουν δοθεί οι τιμές 2-4, 5-7 και 8-10 στην παράμετρο edges, και η τιμή 40 στην παράμετρο vertices. Επίσης ο υπεργράφος και οι υπογράφοι σε αυτό τον συνδυασμό είναι μη-κατευθυνόμενοι. Όσο αυξάνεται το ποσοστό συμμετρικών ακμών και ο αριθμός ακμών ανάμεσα στους υπογράφους αυξάνεται και το ποσοστό εύρεσης ευσταθών μοντέλων.



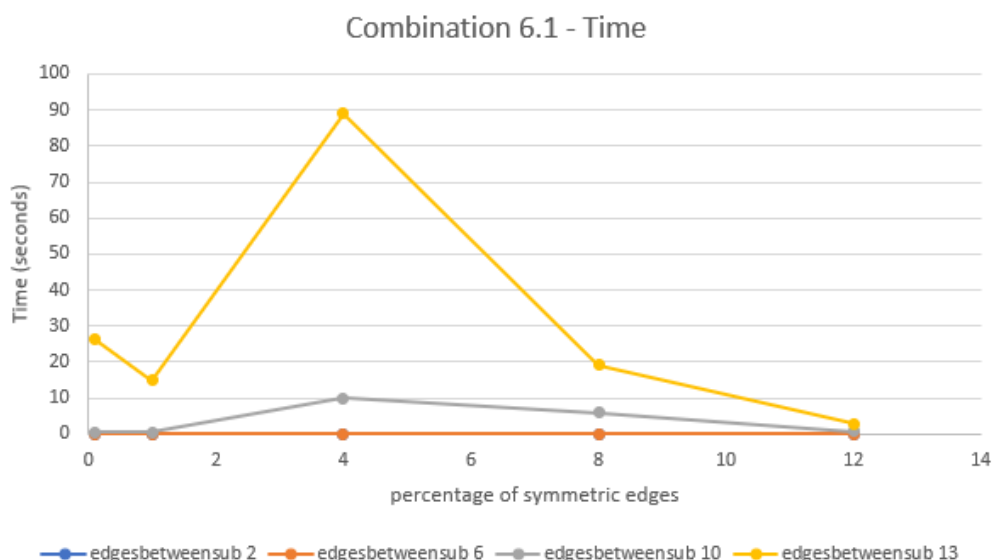
Σχήμα 5.26 Combination 5.1 – Time

Στο πιο πάνω σχήμα φαίνεται ο χρόνος που χρειάστηκε κατά μέσο όρο για αυτό τον συνδυασμό να δώσει αποτελέσματα όσο αφορά το αν υπήρχε ευσταθής επέκταση ή όχι. Για τιμές 2 και 6 στην παράμετρο edgesbetweensub ο χρόνος δεν είναι σημαντικός.



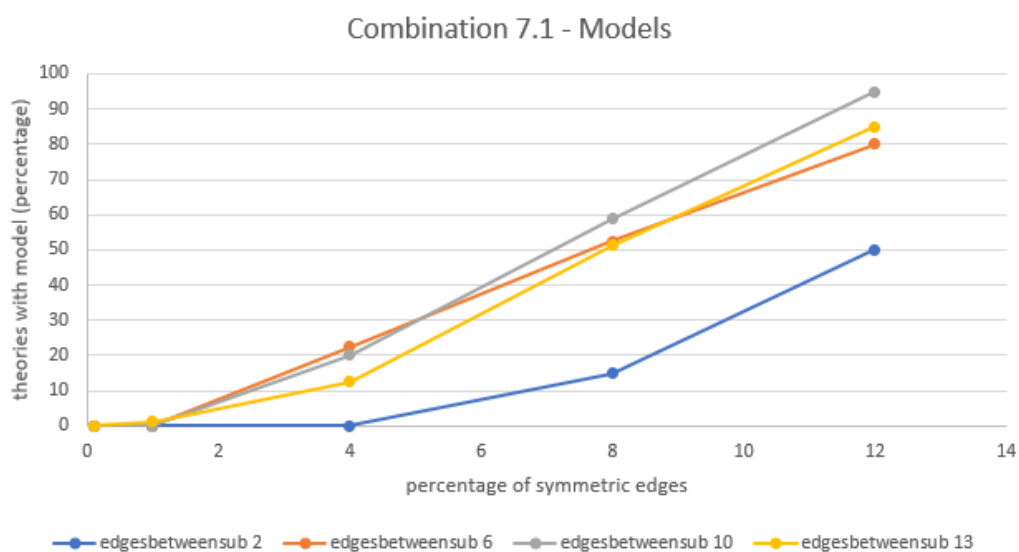
Σχήμα 5.27 Combination 6.1 – Models

Στο σχήμα 5.27 φαίνονται τα αποτελέσματα της πρώτης περίπτωσης του έκτου συνδυασμού. Ο συνδυασμός 6.1, Barabasi/Barabasi 30/53 έχει κτιστεί με τιμές στην παράμετρο percentage 0.1, 1, 4, 8, 12 και η παράμετρο edgesbetweensub είχε τιμές 2, 6, 10, 13. Στο αρχείο περιγραφής του υπεργράφου έχει δοθεί η τιμή 30 για τις κορυφές που θα έχει και οι τιμές 2-4 και 5-8 στην παράμετρο edges. Στους υπογράφους έχει δοθεί η τιμή 53 για τις κορυφές που θα έχει ο κάθε υπογράφος και οι τιμές 2-4, 5-7, 8-10, 10-13 στην παράμετρο edges. Στα αρχεία περιγραφής του υπεργράφου και των υπεργράφων έχει δοθεί η τιμή 0 στην παράμετρο directed. Συνολικά έχουμε 160 συνδυασμούς, για τους οποίους κτίστηκαν από 10 γραφήματα. Και πάλι παρατηρούμε πως όσο αυξάνεται το ποσοστό συμμετρικών ακμών αυξάνεται και το ποσοστό εύρεσης ευσταθών μοντέλων. Όσο αφορά τις ακμές ανάμεσα στους υπογράφους, όσο αυξάνονται και πάλι επί το πλείστο αυξάνεται και το ποσοστό ευσταθών επεκτάσεων στους γράφους.



Σχήμα 5.28 Combination 6.1 – Time

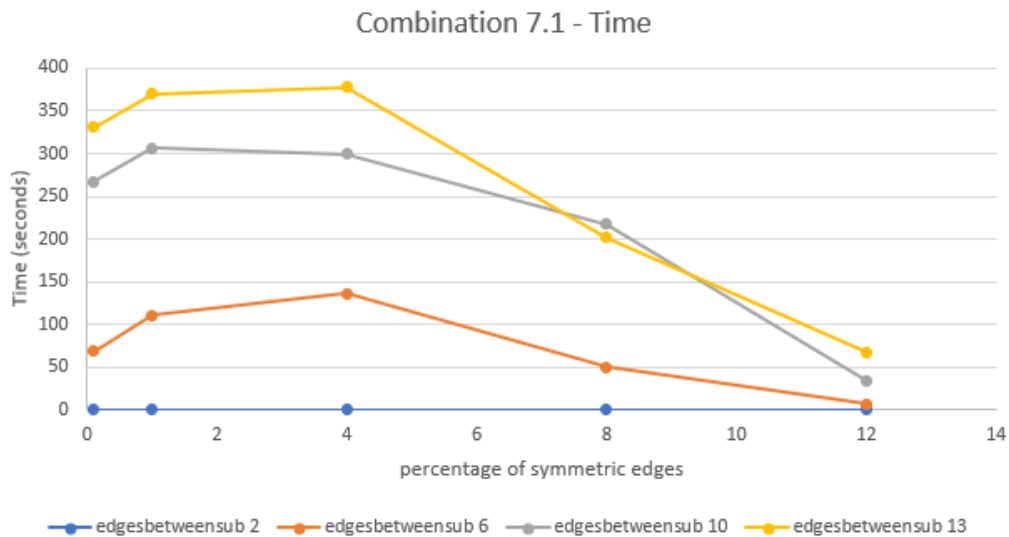
Στο πιο πάνω σχήμα βλέπουμε τον χρόνο που χρειάστηκε για τον συνδυασμό 6.1. Παρατηρούμε πως το ποσοστό συμμετρικών ακμών 6 έχει την σημαντικότερη αύξηση χρόνου κατά μέσο όρο, ειδικά για τιμή 13 στην παράμετρο edgesbetweenusub.



Σχήμα 5.29 Combination 7.1 – Models

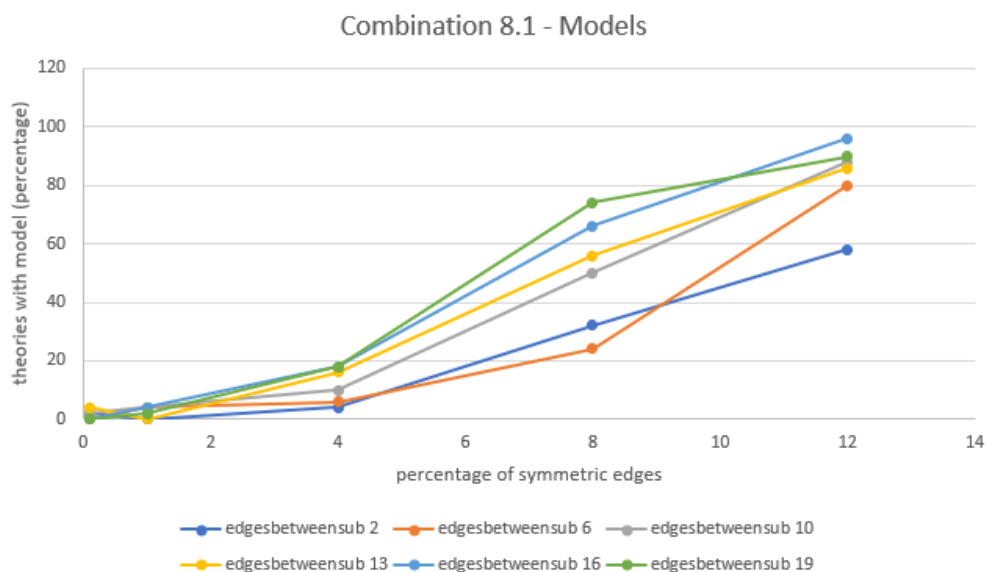
Στο πιο πάνω σχήμα φαίνονται τα αποτελέσματα της πρώτης περίπτωσης του έβδομου συνδυασμού. Σε αυτή την εκτέλεση δόθηκαν οι τιμές 2, 6, 10, 13 στην παράμετρο edgesbetweenusub και οι τιμές 0.1, 1, 4, 8, 12 στην παράμετρο percentage του αρχείου εισόδου. Άρα έχουμε συνολικά 160 συνδυασμούς. Ο υπεργράφος έχει 53 κόμβους και

έχει πάρει τις τιμές 2-4, 5-7, 8-10, 10-13 στην παράμετρο edges. Ο υπογράφος έχει 30 κόμβους και έχει πάρει τις τιμές 2-4, 5-8 στην παράμετρο edges. Και οι δύο γράφοι έχουν πάρει την τιμή 0 στην παράμετρο directed. Όπως και στα περισσότερα πειράματα που έχουν παρουσιαστεί, και σε αυτή την περίπτωση όσο αυξάνεται το ποσοστό των συμμετρικών ακμών αυξάνεται και το ποσοστό θεωριών με ευσταθές μοντέλο.



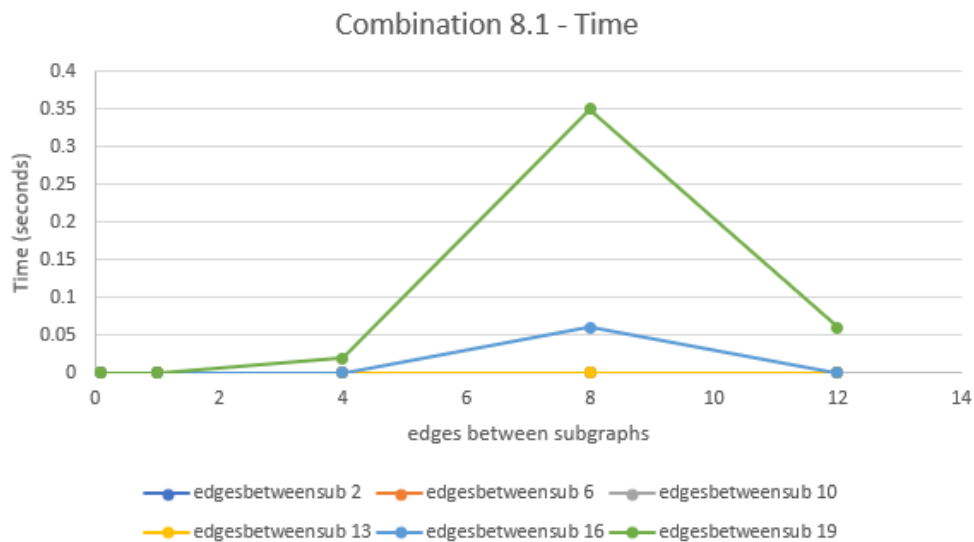
Σχήμα 5.30 Combination 7.1 – Time

Πιο πάνω φαίνεται ο χρόνος εύρεσης των ευσταθών επεκτάσεων. Βλέπουμε πως όσο αυξάνεται το ποσοστό συμμετρικών ακμών μειώνεται ο χρόνος εύρεσης.



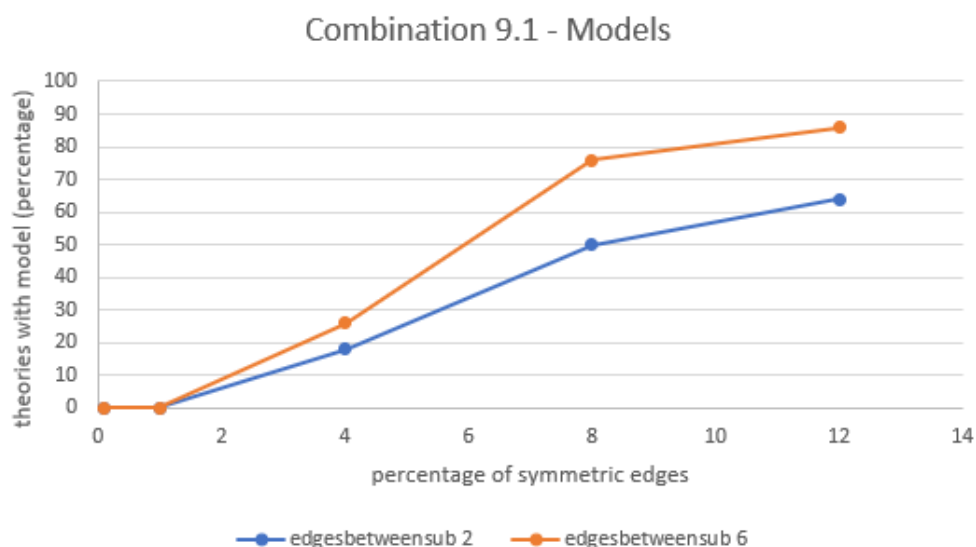
Σχήμα 5.31 Combination 8.1 – Models

Στο πιο πάνω σχήμα φαίνεται ο συνδυασμός 8.1 για Barabasi υπεργράφο και Barabasi υπογράφο. Ο υπεργράφος έχει κτιστεί με 20 κόμβους και ο υπογράφος με 80. Στην παράμετρο percentage του αρχείου εισόδου έχουν δοθεί οι τιμές 0.1, 1, 4, 8, 12 και στην παράμετρο edgesbetweensub έχουν δοθεί οι τιμές 2, 6, 10, 13, 16, 19. Στο αρχείο περιγραφής του υπογράφου έχουν δοθεί οι τιμές 2-4, 5-7, 8-10, 10-13, 14-19 στην παράμετρο edges και στο αρχείο περιγραφής του υπεργράφου έχει δοθεί το εύρος 2-4 για την παράμετρο edges. Δηλαδή έχουμε συνολικά 150 συνδυασμούς. Και οι δύο γράφοι έχουν πάρει την τιμή 0 στην παράμετρο directed. Βλέπουμε την ίδια συσχέτιση του ποσοστού συμμετρικών ακμών και των ακμών ανάμεσα στους υπογράφους όπως και με τα υπόλοιπα πειράματα, δηλαδή όσο αυξάνονται τόσο αυξάνεται και το ποσοστό θεωριών με ευσταθή μοντέλα.



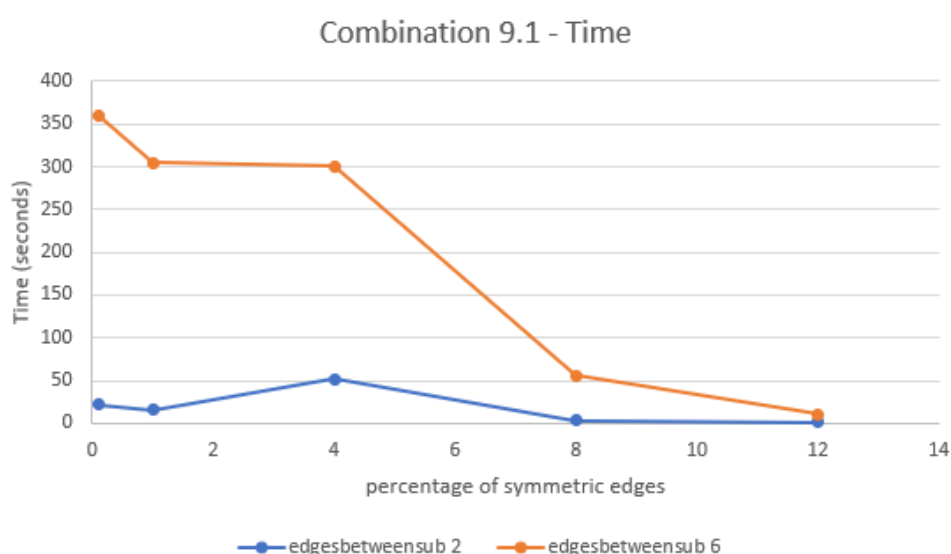
Σχήμα 5.32 Combination 8.1 - Time

Στο πιο πάνω σχήμα φαίνεται ο χρόνος κατά μέσο όρο για τους διάφορους συνδυασμούς τιμών στις παραμέτρους edgesbetweensub και percentage για τον συνδυασμό 8.1. Ο χρόνος που χρειάστηκε το σύστημα να βρει αν υπάρχει ή όχι κάποιο ευσταθή μοντέλο για κάθε γράφο δεν ξεπερνά τα 0.35 δευτερόλεπτα κατά μέσο όρο. Παρατηρούμε όμως πως σε σχέση με άλλες τιμές, για ποσοστό συμμετρικών ακμών 8 και τιμή 12 στην παράμετρο edgesbetweensub έχουμε μια συγκριτικά μεγαλύτερη αύξηση από τα υπόλοιπα σημεία. Για τιμές 2, 6, 10, 13 στην παράμετρο edgesbetweensub ο χρόνος είναι 0 ανεξαρτήτως του ποσοστού συμμετρικών ακμών.



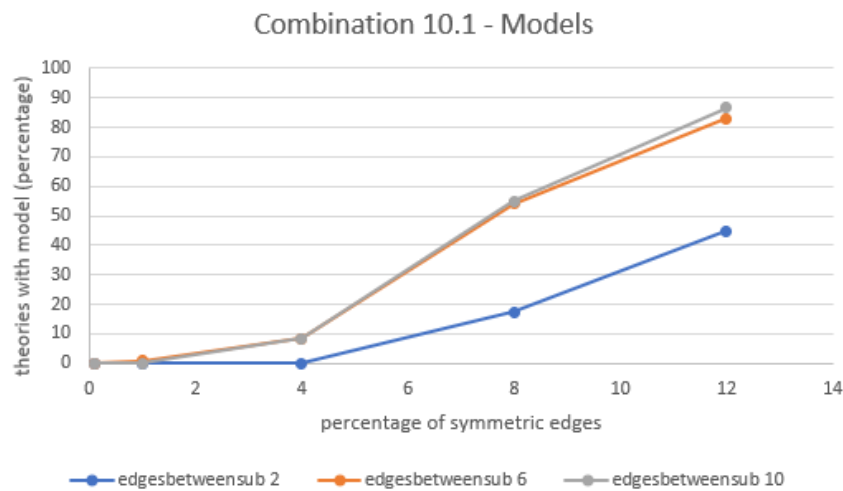
Σχήμα 5.33 Combination 9.1 – Models

Στο πιο πάνω σχήμα φαίνεται ο συνδυασμός 9.1 για Barabasi υπεργράφο και Barabasi υπογράφο. Ο υπεργράφος έχει κτιστεί με 80 κόμβους και ο υπογράφος με 20. Στην παράμετρο percentage του αρχείου εισόδου έχουν δοθεί οι τιμές 0.1, 1, 4, 8, 12 και στην παράμετρο edgesbetweensub έχουν δοθεί οι τιμές 2, 6. Στο αρχείο περιγραφής του υπογράφου έχει δοθεί η τιμή 2-4 στην παράμετρο edges και στο αρχείο περιγραφής του υπεργράφου έχουν δοθεί οι τιμές 2-4, 5-7, 8-10, 10-13, 14-19 για την παράμετρο edges.. Και οι δύο γράφοι έχουν πάρει την τιμή 0 στην παράμετρο directed. Όσο αυξάνονται τόσο αυξάνεται και το ποσοστό θεωριών με ευσταθή μοντέλα.



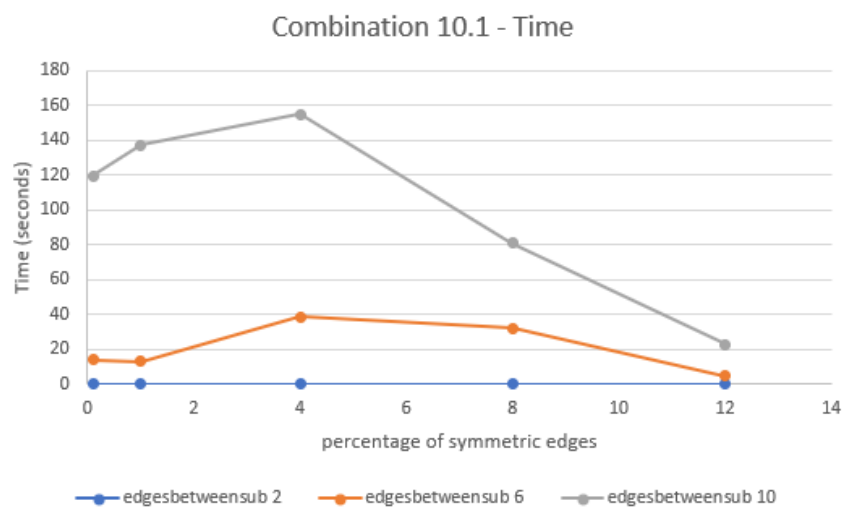
Σχήμα 5.34 Combination 9.1 – Time

Στο πάνω σχήμα βλέπουμε τον χρόνο που χρειάστηκε το σύστημα για τον συνδυασμό 9.1. Όσο μεγαλώνει η τιμή της edgesbetweensub τόσο περισσότερο χρόνο χρειάζεται.



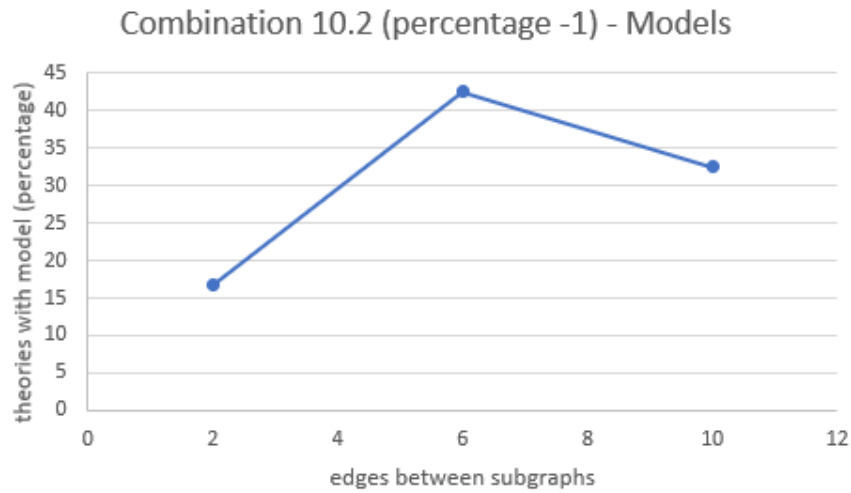
Σχήμα 5.35 Combination 10.1 – Models

Πιο πάνω φαίνονται τα αποτελέσματα του συνδυασμού 10.1. Ο συνδυασμός κτίστηκε με τις τιμές 2, 6, 10 στην παράμετρο edgesbetweensub και τις τιμές 0.1, 1, 4, 8, 12 στην παράμετρο percentage στο αρχείο εισόδου. Ο υπεργράφος είναι μοντέλου Barabasi με 40 κορυφές, τιμή 0 στην παράμετρο directed και τιμές 2-4, 5-7, 8-10 στην παράμετρο edges. Ο υπογράφος είναι μοντέλο Erdos-Renyi με 40 κορυφές και τις τιμές 0.08, 0.13, 0.18, 0.24 στην παράμετρο probability. Συνολικά έχουμε 180 συνδυασμούς. Όσο αυξάνεται το ποσοστό συμμετρικών ακμών αυξάνεται το ποσοστό θεωριών με μοντέλο.



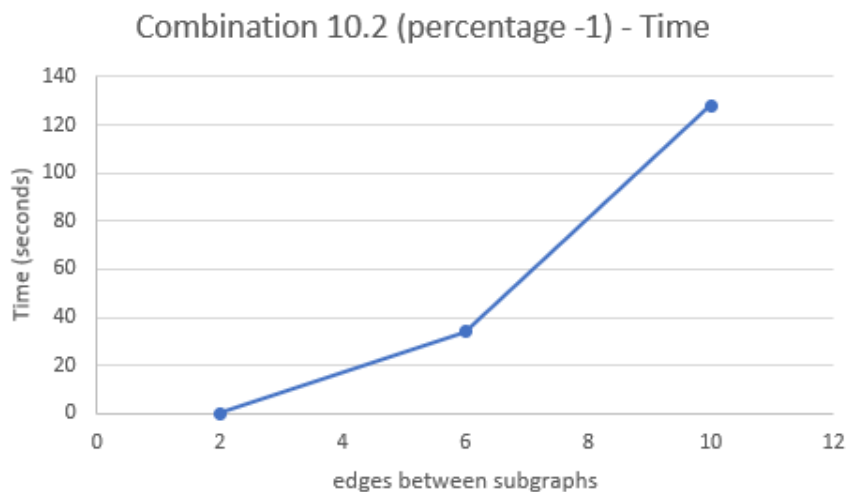
Σχήμα 5.36 Combination 10.1 – Time

Στο πιο πάνω σχήμα βλέπουμε τους μέσους όρους χρόνων για το πείραμα 10.1.



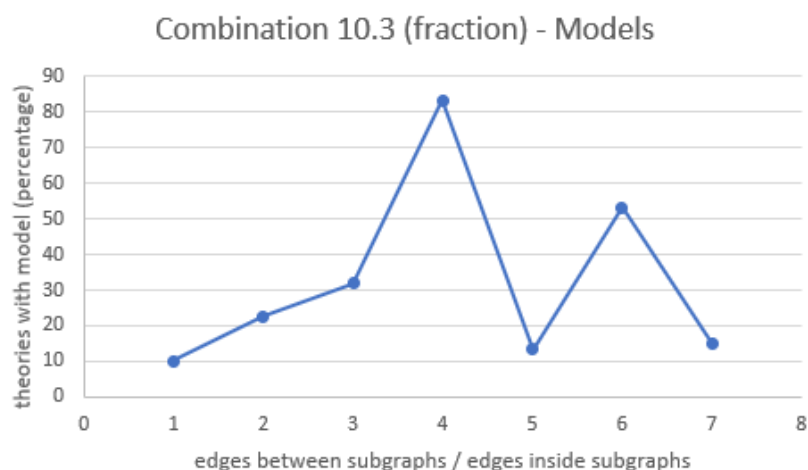
Σχήμα 5.37 Combination 10.2 – Models

Στο πιο πάνω σχήμα βλέπουμε τα αποτελέσματα του συνδυασμού 10.2. Για αυτό τον συνδυασμό δόθηκαν οι ίδιες τιμές στις υπόλοιπες παραμέτρους με τον συνδυασμό 10.1, εκτός από την παράμετρο percentage, για την οποία δόθηκε η τιμή -1.



Σχήμα 5.38 Combination 10.2 – Time

Στο πιο πάνω σχήμα φαίνονται οι χρόνοι για το πείραμα 10.2. Απ' ότι βλέπουμε όσο μεγαλώνει η τιμή στην παράμετρο edgesbetweensub (οριζόντιος άξονας), τόσο αυξάνεται και ο χρόνος εύρεσης ευσταθών επεκτάσεων.

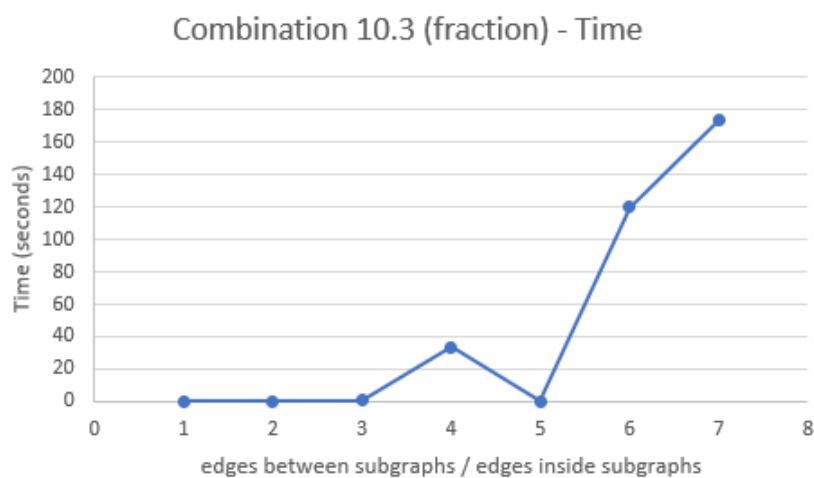


Σχήμα 5.39 Combination 10.3 – Models

Στο πιο πάνω σχήμα βλέπουμε την σχέση του λόγου ακμών και του ποσοστού θεωριών με μοντέλο. Η τιμή της παραμέτρου percentage είναι -1. Τα εύρη του οριζόντιου άξονα:

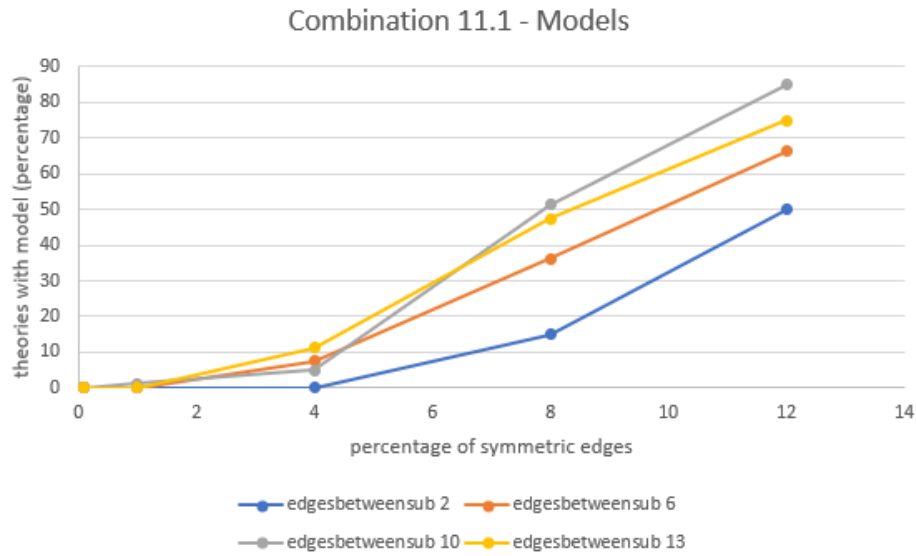
- 1: 0.03 – 0.05
- 2: 0.06 – 0.10
- 3: 0.11 – 0.14
- 4: 0.15 – 0.18
- 5: 0.19 – 0.22
- 6: 0.23 – 0.30
- 7: 0.31 – 0.74

Το ποσοστό θεωριών με μοντέλο φαίνεται αυξημένο για εύρος λόγων 0.15– 0.18.



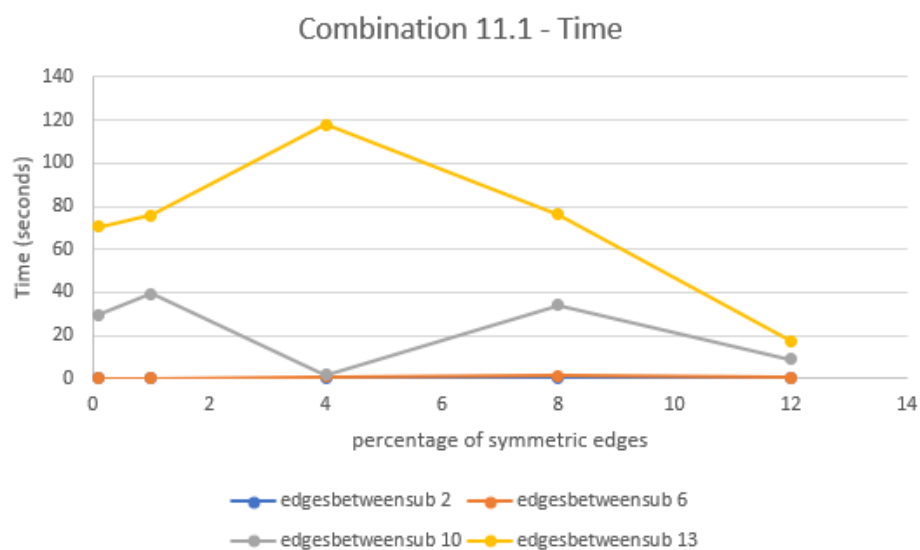
Σχήμα 5.40 Combination 10.3 – Time

Στο πιο πάνω σχήμα φαίνονται κατά μέσο όρο οι χρόνοι για τον συνδυασμού 10.3.



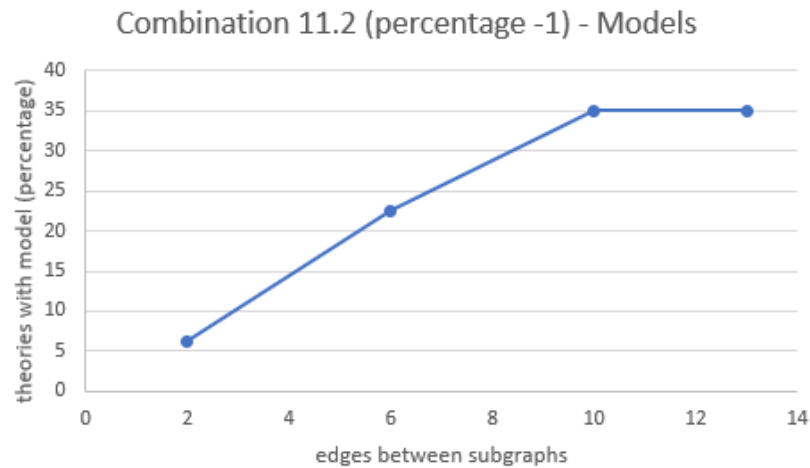
Σχήμα 5.41 Combination 11.1 – Models

Πιο πάνω βλέπουμε τα αποτελέσματα για τον συνδυασμό 11.1. Στα γραφήματα του πιο πάνω συνδυασμού ο υπεργράφοι είναι τύπου Barabasi με 30 κόμβους και τιμές 2-4, 5-8 στην παράμετρο edges. Ο υπεργράφοι έχει τιμή 0 στην παράμετρο directed. Ο υπογράφοι είναι Erdos με 53 κόμβους και τιμές 0.08, 0.13, 0.18, 0.24 στην παράμετρο probability. Οι τιμές που έχουν δοθεί στην παράμετρο edgesbetweensub του αρχείου εισόδου είναι 2, 6, 10, 13 και οι τιμές στην παράμετρο percentage είναι 0.1, 1, 4, 8, 12.



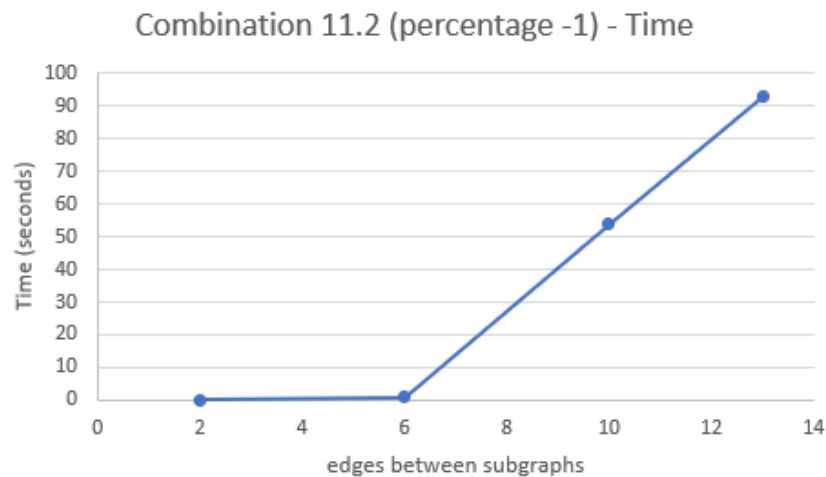
Σχήμα 5.42 Combination 11.1 - Time

Στο πιο πάνω σχήμα φαίνονται οι χρόνοι εκτέλεσης του συστήματος ικανοποίησης για τον συνδυασμό 11.1. Η σημαντικότερη παρατήρηση που υπάρχει για το πιο πάνω σχήμα είναι πως έχουμε ένα ανώτατο σημείο καμπής για percentage 4.



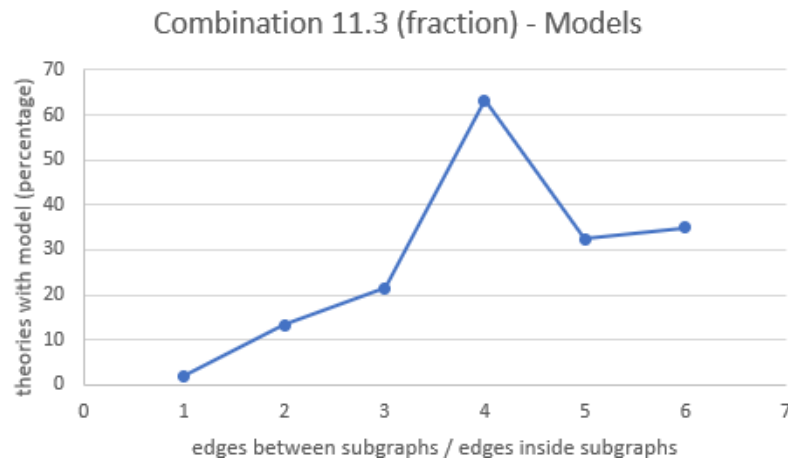
Σχήμα 5.43 Combination 11.2 – Models

Πιο πάνω φαίνονται τα αποτελέσματα του συνδυασμού 11.2 για ποσοστό -1. Όσο αυξάνετε ο αριθμός ακμών ανάμεσα στους υπογράφους αυξάνεται η τιμή του άξονα y.



Σχήμα 5.44 Combination 11.2 – Time

Στο πιο πάνω σχήμα φαίνονται οι χρόνοι εκτέλεσης για τον συνδυασμό 11.2. Βλέπουμε πως όσο αυξάνεται ο αριθμός ακμών ανάμεσα στους υπογράφους αυξάνεται και ο χρόνος εκτέλεσης του συστήματος ικανοποίησης.

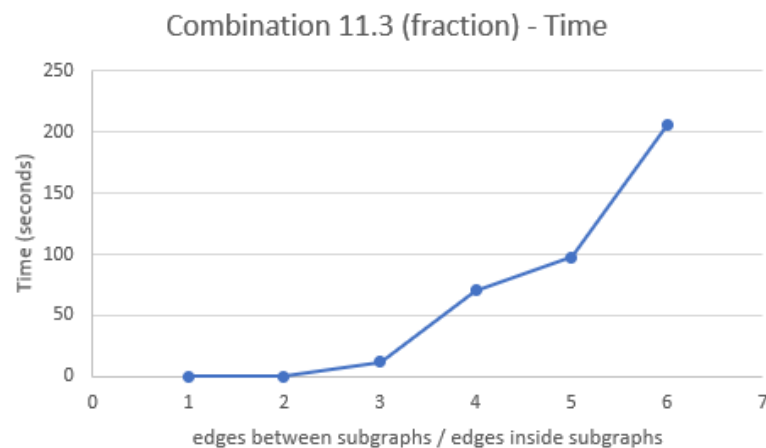


Σχήμα 5.45 Combination 11.3 – Models

Στο πιο πάνω σχήμα βλέπουμε την σχέση του λόγου ακμών ανάμεσα/ εσωτερικά των υπογράφων, με percentage είναι -1. Οι λόγοι του οριζόντιου άξονα είναι:

- 1: 0.01 – 0.03
- 2: 0.04 – 0.06
- 3: 0.07 – 0.14
- 4: 0.15 – 0.17
- 5: 0.18 – 0.28
- 6: 0.29 – 0.38

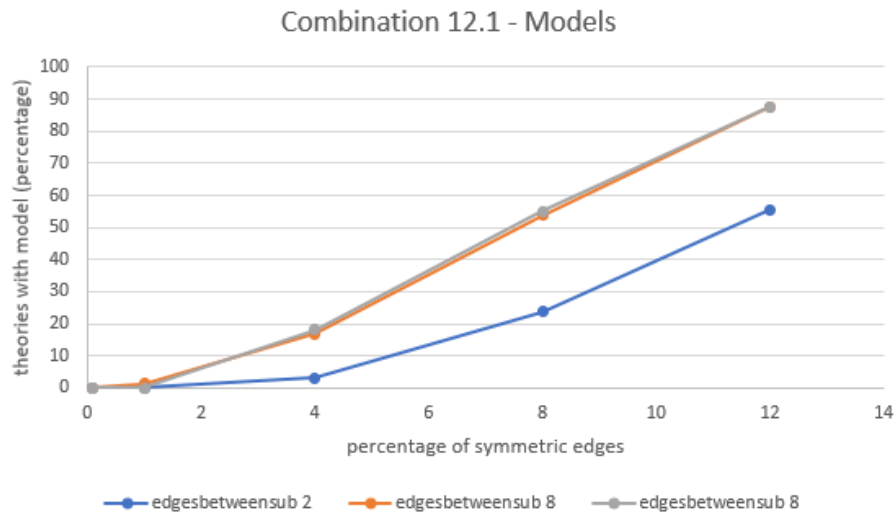
Το ποσοστό θεωριών με μοντέλο φαίνεται αυξημένο για εύρος λόγων 0.15 – 0.17.



Σχήμα 5.46 Combination 11.3 – Time

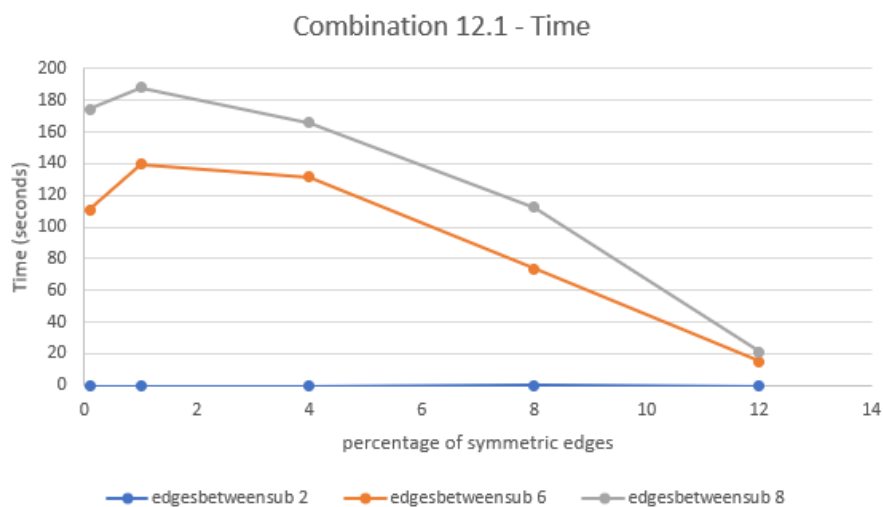
Στο πιο πάνω σχήμα φαίνεται κατά μέσο όρο ο χρόνος που χρειάστηκε για τους διάφορους λόγους να δώσει κάποια απάντηση το σύστημα ικανοποίησης για τον

συνδυασμό 11.3. Βλέπουμε πως όσο αυξάνεται το εύρος λόγου τόσο αυξάνεται και ο χρόνος.



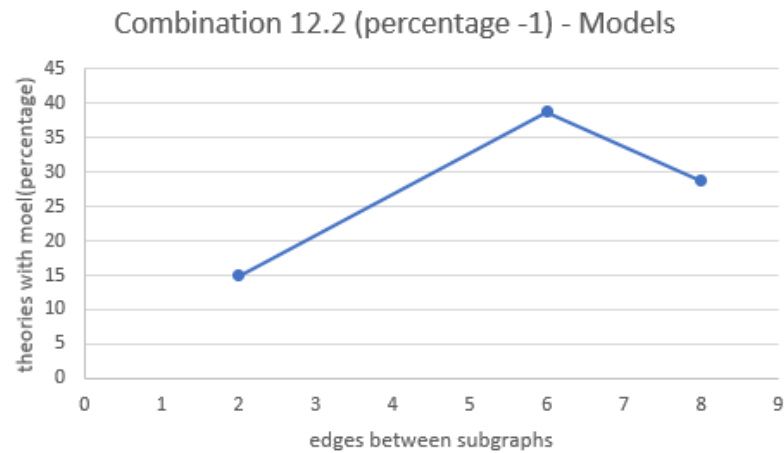
Σχήμα 5.47 Combination 12.1 – models

Στο πιο πάνω σχήμα βλέπουμε τα αποτελέσματα για τιμές 0.1, 1, 4, 8, 12 στην παράμετρο percentage για τον συνδυασμό 11. Οι τιμές που δόθηκαν στην παράμετρο edgesbetweensub είναι 2, 6 και 8. Ο υπεργράφος είναι μοντέλο Barabasi με 53 κόμβους και τιμή 0 στην παράμετρο directed. Οι τιμές που πήρε η παράμετρος edges του υπεργράφου είναι 2-4, 5-7, 8-10, 10-13. Ο υπογράφος είναι Erdos-Renyi με 30 κόμβους και τιμές 0.08, 0.13, 0.18, 0.24 στην παράμετρο probability. Όσο αυξάνεται το ποσοστό συμμετρικών ακμών αυξάνεται και το ποσοστό θεωριών με ευσταθή μοντέλο.



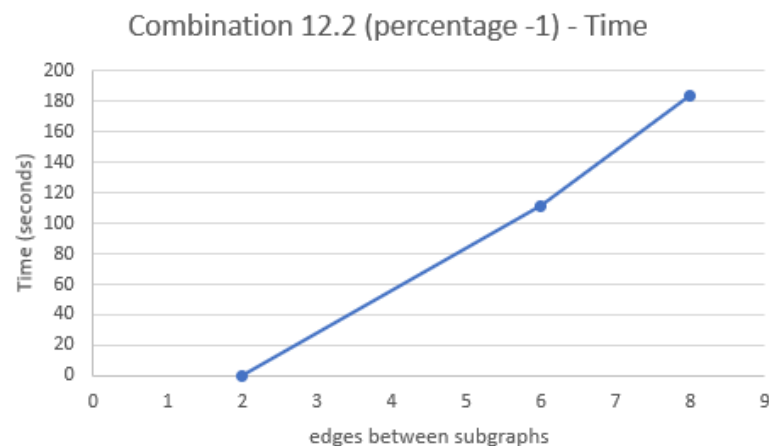
Σχήμα 5.48 Combination 12.1 – Time

Στο πιο πάνω σχήμα βλέπουμε το χρόνο κατά μέσο όρο για τον συνδυασμό 12.1. Απ' ότι βλέπουμε όσο αυξάνεται το ποσοστό συμμετρικών ακμών τείνει να μειώνεται ο χρόνος εύρεσης ευσταθών μοντέλων.



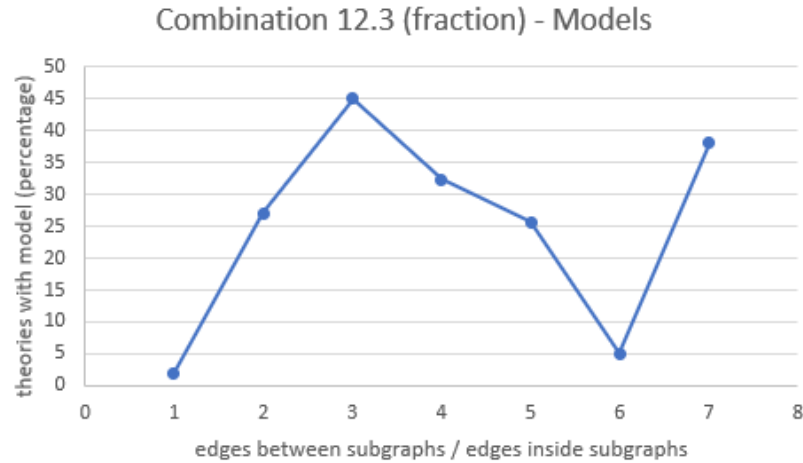
Σχήμα 5.49 Combination 12.2 – Models

Στο πιο πάνω σχήμα φαίνονται τα αποτελέσματα του πειράματος 12.2 σε σχέση με το ποσοστό θεωριών με ευσταθή μοντέλο για τιμή -1 στην παράμετρο percentage.



Σχήμα 5.50 Combination 12.2 – Time

Στο πιο πάνω σχήμα φαίνονται οι χρόνοι που χρειάστηκαν για τον συνδυασμό 12.2. Βλέπουμε πως όσο αυξάνεται η τιμή στην παράμετρο edgesbetweensub (οριζόντιος άξονας), τόσο αυξάνεται ο χρόνος εύρεσης ευσταθών μοντέλων στις θεωρίες.

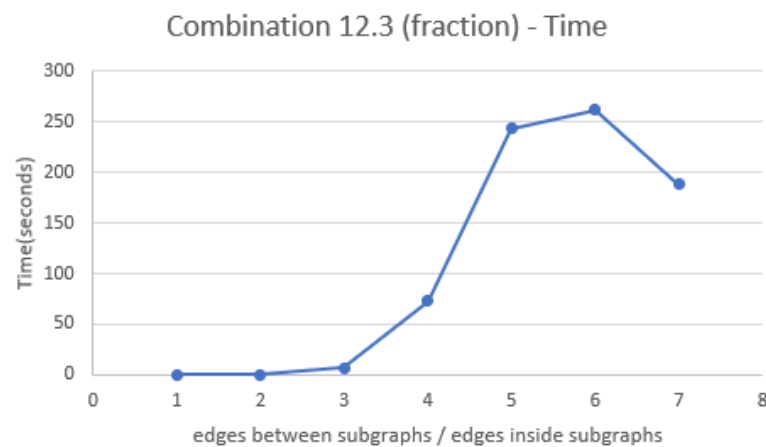


Σχήμα 5.51 Combination 12.3 – Models

Στο πιο πάνω σχήμα βλέπουμε την σχέση του λόγου ακμών ανάμεσα των υπογράφων / ακμών εσωτερικά των υπογράφων και του ποσοστού θεωριών με μοντέλο. Η τιμή της παραμέτρου percentage είναι -1. Οι λόγοι στον οριζόντιο άξονα είναι:

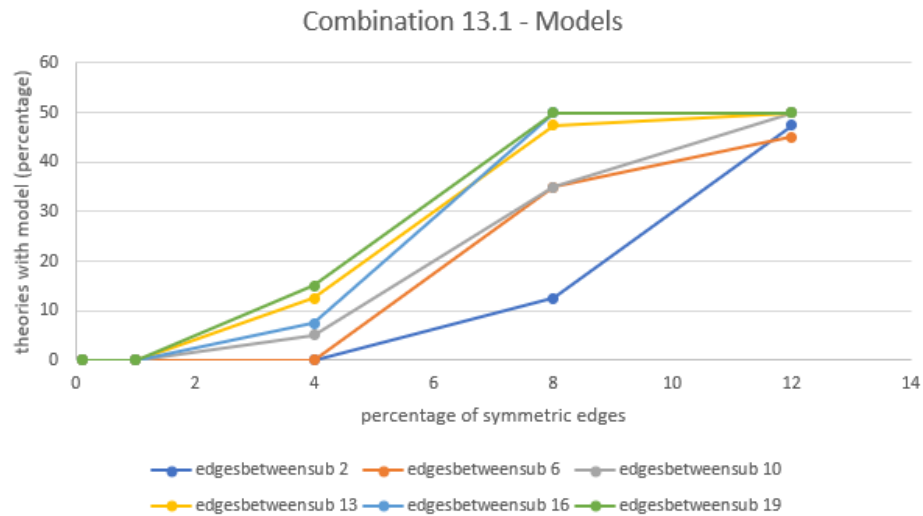
- 1: 0.05 – 0.12
- 2: 0.13 – 0.19
- 3: 0.20 – 0.29
- 4: 0.30 – 0.38
- 5: 0.39 – 0.53
- 6: 0.54 – 0.71
- 7: 0.72 – 1.10

Το ποσοστό θεωριών με μοντέλο είναι πιο αυξημένο για εύρος λόγων 0.20 – 0.29



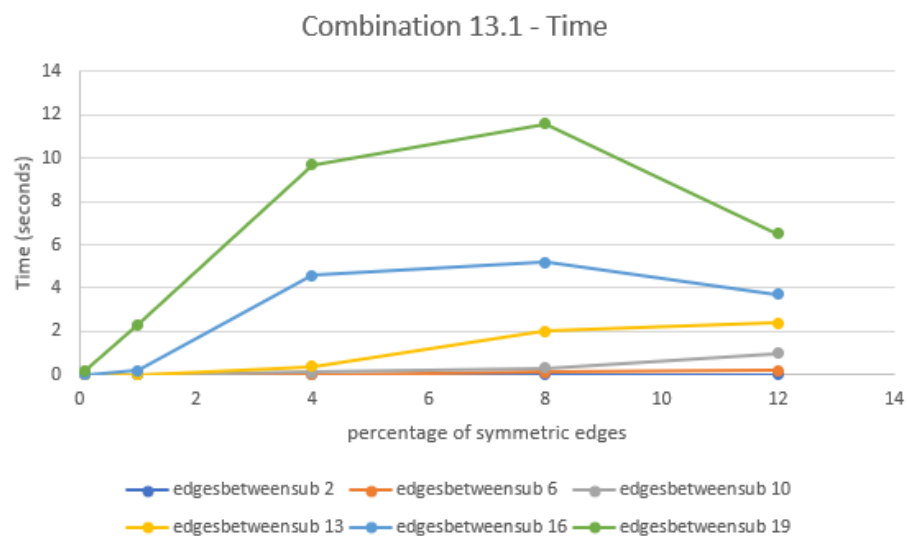
Σχήμα 5.52 Combination 12.3 – Time

Στο πιο πάνω σχήμα φαίνονται οι χρόνοι που χρειάστηκαν κατά μέσο όρο για τον συνδυασμό 12.3. Όσο αυξάνεται το εύρος των λόγων, τόσο αυξάνεται και ο χρόνος.



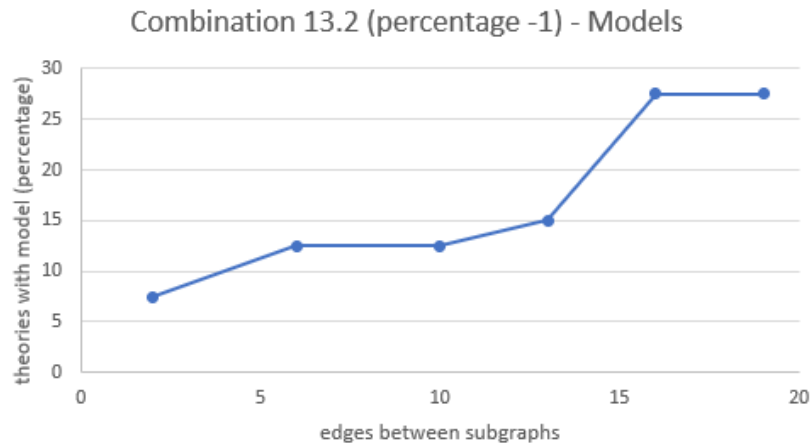
Σχήμα 5.53 Combination 13.1 – Models

Πιο πάνω βλέπουμε τα αποτελέσματα για τιμές 0.1, 1, 4, 8, 12 στην παράμετρο percentage για τον συνδυασμό 13. Οι τιμές της edgesbetweensub είναι 2, 6, 10, 13, 16, 19. Ο υπεργράφος είναι μοντέλο Barabasi με 20 κόμβους και τιμή 0 στην παράμετρο directed. Οι τιμές που πήρε η παράμετρος edges είναι 2-4. Ο υπογράφος είναι Erdos-Renyi με 80 κόμβους και τιμές 0.08, 0.13, 0.18, 0.24 στο probability. Όσο αυξάνεται το ποσοστό συμμετρικών ακμών αυξάνεται και το ποσοστό θεωριών με ευσταθή μοντέλο.



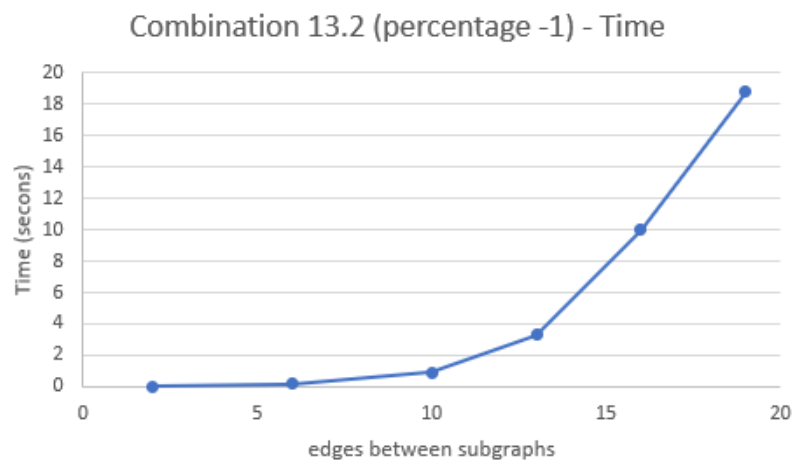
Σχήμα 5.54 Combination 13.1 – Time

Στο πιο πάνω σχήμα βλέπουμε το χρόνο κατά μέσο όρο για τον συνδυασμό 32.1.



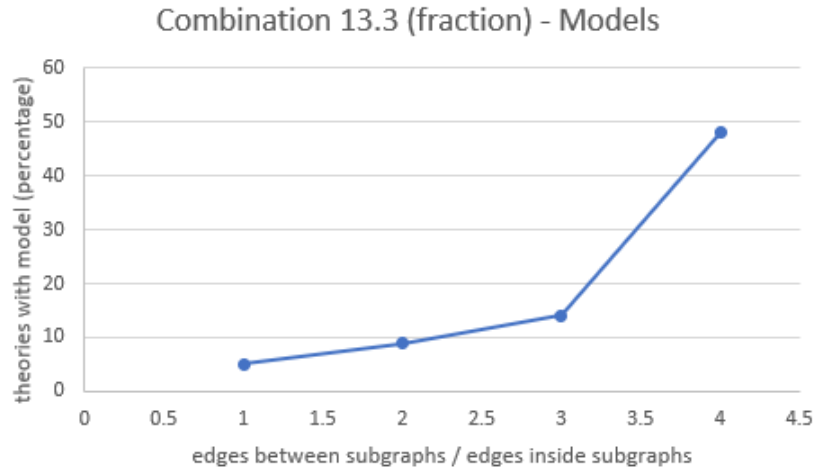
Σχήμα 5.55 Combination 13.2 – Models

Στο πιο πάνω σχήμα φαίνονται τα αποτελέσματα του πειράματος 13.2 σε σχέση με το ποσοστό θεωριών με ευσταθή μοντέλο για τιμή -1 στην παράμετρο percentage. Βλέπουμε να αυξάνεται το ποσοστό εύρεσης ευσταθών μοντέλων σε σχέση με τον αριθμό ακμών ανάμεσα στα υπογραφήματα.



Σχήμα 5.56 Combination 13.2 – Time

Στο πιο πάνω σχήμα φαίνονται οι χρόνοι που χρειάστηκαν για τον συνδυασμό 13.2. Βλέπουμε πως όσο αυξάνεται η τιμή στην παράμετρο edgesbetweensub (οριζόντιος άξονας), τόσο αυξάνεται ο χρόνος εύρεσης ευσταθών μοντέλων στις θεωρίες.

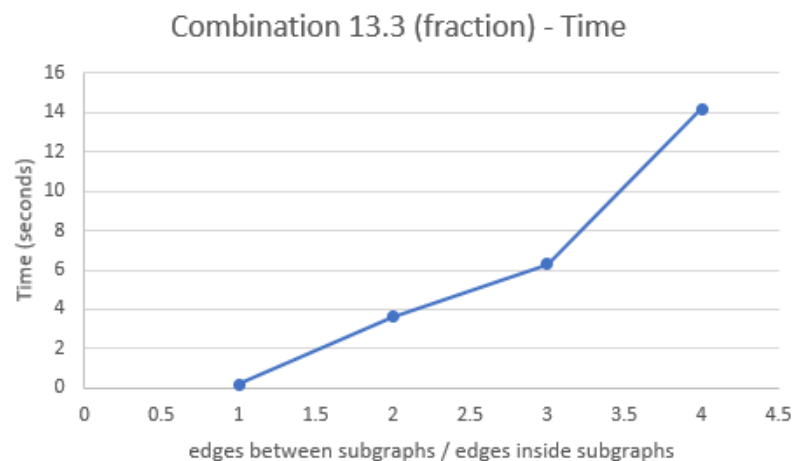


Σχήμα 5.57 Combination 13.3 – Models

Στο πιο πάνω σχήμα βλέπουμε την σχέση του λόγου ακμών ανάμεσα των υπογράφων / ακμών εσωτερικά των υπογράφων και του ποσοστού θεωριών με μοντέλο. Η τιμή της παραμέτρου percentage είναι -1. Οι λόγοι του οριζόντιου άξονα είναι:

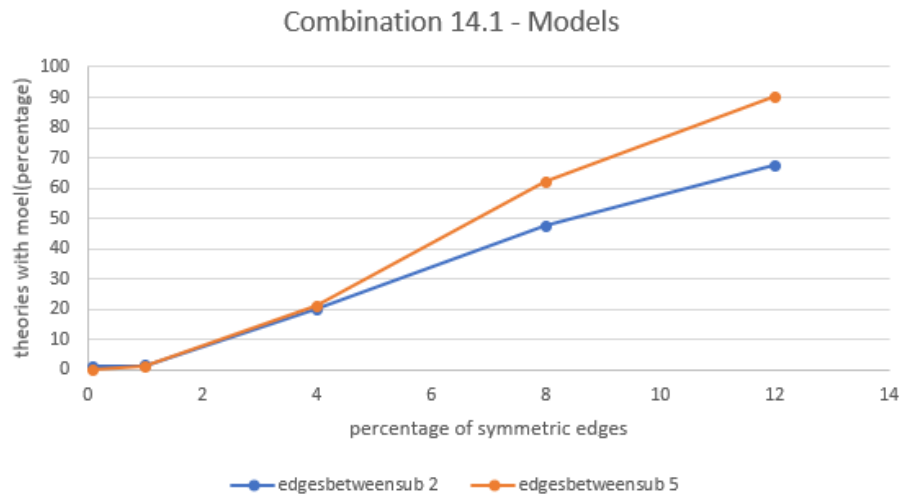
- 1: 0.006 – 0.019
- 2: 0.02 – 0.04
- 3: 0.041 – 0.061
- 4: 0.062 – 0.104

Το ποσοστό θεωριών με μοντέλο αυξάνεται όσο αυξάνεται και το εύρος λόγου.



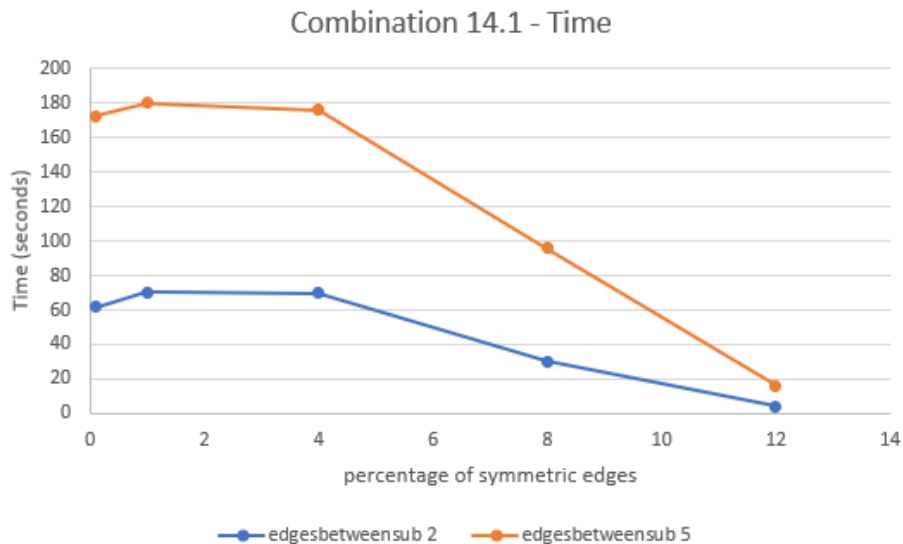
Σχήμα 5.58 Combination 13.3 – Time

Στο πιο πάνω σχήμα φαίνονται οι χρόνοι που χρειάστηκαν κατά μέσο όρο για τον συνδυασμό 13.3. Όσο αυξάνεται το εύρος των λόγων, τόσο αυξάνεται και ο χρόνος.



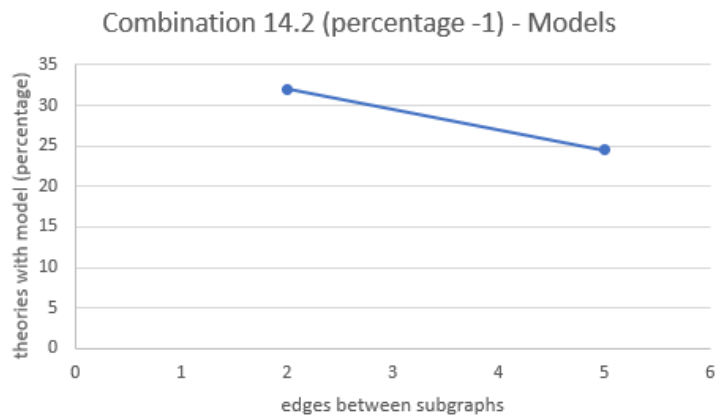
Σχήμα 5.59 Combination 14.1 – Models

Στο πάνω σχήμα φαίνονται τα ποσοστά θεωριών με ευσταθή μοντέλο για percentage 0.1, 1, 4, 8, 12 και τιμές 2 και 5 στην παράμετρο edgesbetweensub για τον συνδυασμό 14. Ο υπεργράφος είναι μη-κατευθυνόμενος Barabasi με 80 κορυφές και τιμές 2-4, 5-7, 8-10, 12-15, 16-20 στην παράμετρο edges. Ο υπογράφος είναι Erdos με 20 κορυφές και τιμές 0.08, 0.13, 0.18 και 0.24 στην παράμετρο probability. Όσο αυξάνεται το ποσοστό συμμετρικών ακμών αυξάνεται το ποσοστό μοντέλων.



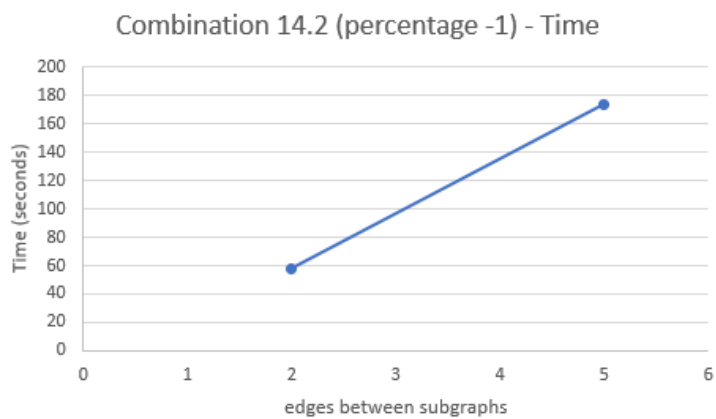
Σχήμα 5.60 Combination 14.1 – Time

Στο πιο πάνω σχήμα φαίνονται οι μέσοι όροι χρόνου για τον συνδυασμό 14.1.



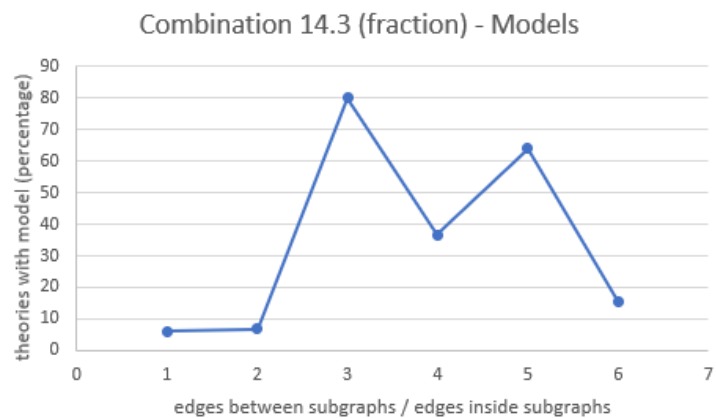
Σχήμα 5.61 Combination 14.2 – Models

Στο πάνω σχήμα φαίνονται τα αποτελέσματα του 14^{ου} συνδυασμού με percentage -1.



Σχήμα 5.62 Combination 14.2 – Time

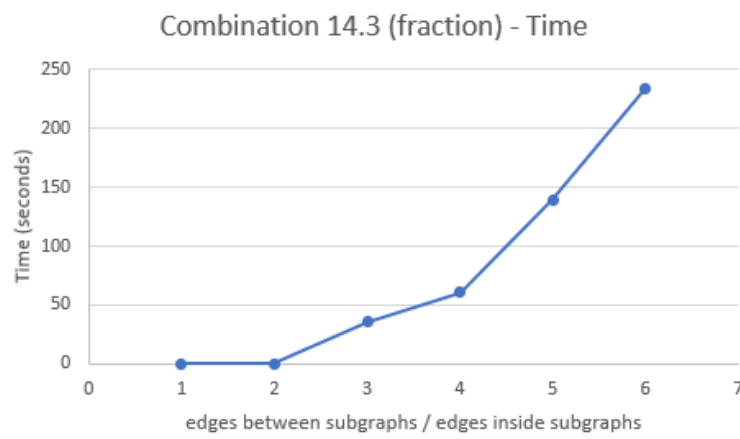
Στο πιο πάνω σχήμα φαίνονται οι χρόνοι για το πείραμα 14.2



Σχήμα 5.63 Combination 14.3 – Models

Στο πιο πάνω σχήμα φαίνονται τα ποσοστά θεωριών με ευσταθή μοντέλο για τον λόγο που έχει αναφερθεί. Οι λόγοι στον οριζόντιο άξονα είναι:

- 1. 0.1 – 0.21
- 2. 0.22 – 0.28
- 3. 0.39 – 0.5
- 4. 0.51 – 0.58
- 5. 0.59 – 0.83
- 6. 0.84 – 3.27



Σχήμα 5.64 Combination 14.3 – Time

Πιο πάνω φαίνεται ο χρόνος που χρειάστηκε το σύστημα να δώσει κάποια απάντηση όσο αφορά το ποσοστό θεωριών με ευσταθή μοντέλο σε σχέση με τον προαναφερόμενο λόγο και percentage -1.

Κεφάλαιο 6

Συμπεράσματα

6.1 Συμπεράσματα	108
6.2 Μελλοντικές επεκτάσεις	110

6.1 Συμπεράσματα

Στο προηγούμενο κεφάλαιο έχουν παρουσιαστεί πειράματα από διάφορους συνδυασμούς. Οι συνδυασμοί αυτοί εμπίπτουν σε τρεις κατηγορίες: Erdos/Erdos, Barabasi/Barabasi και Barabasi/Erdos. Για κάθε συνδυασμό καταλήξαμε στο συμπέρασμα πως όσο αυξάνεται το ποσοστό συμμετρικών ακμών στον τελικό γράφο, αυξάνεται και το ποσοστό των θεωριών που έχουν ευσταθή μοντέλο. Στις περισσότερες περιπτώσεις, όσο αυξάνεται το ποσοστό συμμετρικών ακμών, τόσο μειώνεται ο χρόνος εύρεσης ευσταθών επεκτάσεων, κατά μέσο όρο. Σε ορισμένες περιπτώσεις όμως υπήρχαν κάποια ανώτατα σημεία καμπής στις γραφικές παραστάσεις. Αυτό το φαινόμενο μπορεί να αιτιολογηθεί από το βαθμό δυσκολίας του συστήματος επίλυσης θεωριών επιχειρηματολογίας να βρει κάποια ευσταθή επέκταση στις διάφορες θεωρίες. Σε αυτές τις περιπτώσεις το σύστημα φάνηκε να δυσκολεύεται στην εύρεση ευσταθών μοντέλων ολοένα και περισσότερο μέχρι να φτάσει σε κάποιο συγκεκριμένο ποσοστό συμμετρικών ακμών, σε συνδυασμό με κάποια τιμή της παραμέτρου `edgesbetweensub`, και αφού φτάσει σε αυτό το σημείο καμπής να γίνεται ολοένα και ευκολότερη η αναζήτηση του. Στην αναζήτηση ύπαρξης ευσταθών επεκτάσεων ενός γραφήματος, αυτά τα σημεία καμπής μπορούν να αιτιολογηθούν και με το πόσες ευσταθή επεκτάσεις υπάρχουν στο γράφημα. Στις περιπτώσεις που δεν υπάρχουν καθόλου ευσταθή μοντέλα, το σύστημα δεν δυσκολεύεται στο να επιστρέψει πίσω “NO” και ο χρόνος εύρεσης είναι μηδαμινός, το ίδιο ισχύει και στις περιπτώσεις όπου το ποσοστό θεωριών με μοντέλο είναι αρκετά ψηλό. Οπότε, αυτά τα σημεία καμπής μπορούν να αποδοθούν

στον αριθμό ευσταθών επεκτάσεων που έχει κάθε γράφημα και μπορούμε να θεωρήσουμε πως όσο αυξάνεται το ποσοστό συμμετρικών ακμών στο γράφημα, τόσο αυξάνεται και ο αριθμός ευσταθών μοντέλων σε αυτό.

Ακόμη, σημαντικό ρόλο έχει και ο αριθμός ακμών που ενώνουν τους διάφορους υπογράφους του γραφήματος, αφού στα πλείστα πειράματα όσο μεγάλωνε αυτή η τιμή, και σε σχέση με το ποσοστό συμμετρικών ακμών, ήταν μεγαλύτερο και το ποσοστό θεωριών με επεκτάσεις. Όσο αφορά τον λόγο των ακμών ανάμεσα στους γράφους προς τις ακμές εσωτερικά των γράφων, δεν υπήρξε κάποιο ξεκάθαρο συμπέρασμα, όμως φαίνεται για κάθε πείραμα να υπάρχει ένα εύρος λόγων για το οποίο το ποσοστό θεωριών με ευσταθή μοντέλο να είναι πολύ πιο αυξημένο από όλα τα υπόλοιπα, και για τα περισσότερα πειράματα αυτό το εύρος κυμαίνεται στο 0.13 με 0.17. Για κάθε πείραμα όσο αυξάνεται το εύρος αυξάνεται και ο χρόνος εύρεσης ευσταθών μοντέλων.

Στους συνδυασμούς γραφημάτων με υπεργράφο τύπου Erdos και υπογράφο τύπου Erdos παρατηρήσαμε πως ένας ακόμη παράγοντας είναι η κατανομή κόμβων στο γράφημα. Όσο αυξάνεται ο αριθμός κόμβων του υπεργράφου, και άρα ο αριθμός των υπογράφων στο γράφημα, και μειώνεται ο αριθμός κόμβων του υπογράφου, τόσο αυξάνεται συνολικά το άθροισμα θεωριών με ευσταθή μοντέλα και ο χρόνος που χρειάζεται να βρεθούν αυτά τα μοντέλα. Για μικρότερους αριθμούς κόμβων του υπεργράφου και μεγαλύτερου αριθμού κόμβων των υπογράφων μειώνεται το συνολικό ποσοστό εύρεσης ευσταθών μοντέλων όμως η αναζήτηση είναι πολύ πιο γρήγορη.

Στους συνδυασμούς γραφημάτων με υπεργράφο Barabasi και υπογράφο Barabasi όλες οι κατανομές κόμβων στα γραφήματα έχουν παρόμοια συμπεριφορά όσο αφορά το ποσοστό θεωριών με ευσταθή μοντέλο. Όμως υπάρχει διαφορά στον χρόνο εύρεσης αν υπάρχει ευσταθή επέκταση ή όχι στις διάφορες θεωρίες. Όταν ο αριθμός των κόμβων του υπεργράφου είναι μικρότερος από τον αριθμό των κόμβων του υπογράφου τότε είναι σημαντικά λιγότερος ο χρόνος που χρειάζεται το σύστημα να αποφασίσει κατά πόσο υπάρχει ευσταθή μοντέλο ή όχι. Για 20 κόμβους στον υπεργράφο και 80 στους υπογράφους έχουμε μέγιστη τιμή του χρόνου κατά μέσο όρο 0.35 δευτερόλεπτα, ενώ για 80 κόμβους στον υπεργράφο και 20 κόμβους στον υπογράφο έχουμε μέγιστο μέσο όρο περίπου 350 δευτερόλεπτα. Επίσης παρατηρήθηκε πως για όλους τους γράφους, για

ποσοστό συμμετρικών ακμών -1, δηλαδή χωρίς καμία αλλαγή από την υλοποίηση του, έχουμε 100% θεωρίες με μοντέλο και χρόνο 0. Αφού οι γράφοι σε αυτά τα πειράματα δεν είναι κατευθυνόμενοι, σημαίνει πως οι πλείστες ακμές είναι συμμετρικές. Άρα για τιμές κοντά στο 100 στο ποσοστό συμμετρικών ακμών έχουμε 100% θεωρίες με τουλάχιστο ένα μοντέλο.

Όσο αφορά τους συνδυασμούς Barabasi/Erdos σημειώθηκε πως και πάλι όσο μειώνεται ο αριθμός υπογράφων και αυξάνεται ο αριθμός των κόμβων τους, μειώνεται ο χρόνος εύρεσης των ευσταθών επεκτάσεων αλλά μειώνεται και το ποσοστό θεωριών με ευσταθή επέκταση.

6.2 Μελλοντικές επεκτάσεις

Τα προγράμματα που υλοποιήθηκαν επιτρέπουν στον χρήστη να δημιουργήσει γραφήματα με αμέτρητους συνδυασμούς παραμέτρων. Στο μέλλον θα ήταν καλό να μελετηθούν γραφήματα τα οποία περιέχουν διαφορετικών ειδών υπογράφους, διαφόρων μοντέλων. Στα πειράματα που μελετήθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο έχουν ίδιου τύπου υπογράφους με ίδιες παραμέτρους.

Επιπλέον, θα ήταν σημαντικό να μελετηθεί και η σχέση της παραμέτρου *keepdensity* μαζί με την εύρεση ευσταθών μοντέλων σε ένα γράφημα. Σε όλα τα πειράματα που έχουν τρέξει μέχρι τώρα, έχουν τρέξει με την πρώτη εκδοχή, με τιμή στην παράμετρο αυτή ίση με 0. Μπορούν να μελετηθούν γραφήματα όπου η επεξεργασία ακμών που γίνεται σε αυτά για την επίτευξη του ποσοστού συμμετρικών ακμών που επιθυμούμε, γίνεται εφαρμόζοντας τις κατάλληλες προσθήσεις και αφαιρέσεις ακμών για να διατηρήσουμε την πυκνότητα του γραφήματος. Επιπρόσθετα θα μπορούσε να μελετηθεί και η δεύτερη εκδοχή του προγράμματος, δηλαδή να αποφασίζεται κατά πόσο θα διατηρηθεί η πυκνότητα ανάλογα με το αν ο κάθε γράφος είναι κατευθυνόμενος ή όχι. Ακόμη μια προτεινόμενη μελλοντική επέκταση είναι η περεταίρω μελέτη όσο αφορά τον λόγο των ακμών όπως έχει μελετηθεί, για ελεγχόμενους λόγους και μελέτη περισσότερων ευρών.

Βιβλιογραφία

- [1] Douglas Walton, “Argumentation Theory: A Very Short Introduction” , Springer, Boston, MA, 2009
- [2] Yong Gao, “A Random Model for Argumentation Framework: Phase Transitions, Empirical Hardness, and Heuristics”, In Proceedings of the International Joint Conference on Artificial Intelligence, 2017
- [3] van Eemeren F.H., Garssen B., Krabbe E.C.W., Snoeck Henkemans A.F., Verheij B., Wagemans J.H.M. (2014) Argumentation Theory. In: Handbook of Argumentation Theory. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-90-481-9473-5_1
- [4] Baroni, P., Giacomin, M.: On principle-based evaluation of extension-based argumentation semantics. Artif. Intell. (Special issue on Argumentation in A.I.) 171(10/15), 675–700 (2007)
- [5] Wikipedia, “Argumentation theory”
https://en.wikipedia.org/wiki/Argumentation_theory
Last updated on 22 March 2022
- [6] Marek Sergot, 491 Knowledge Representation: Stable models (‘Answer sets’). Department of Computing Imperial College, London. February 2006 v1.2, November 2016 v1.2c
- [7] Philippe Besnard, Claudette Cayrol, Marie-Christine Lagasquie-Schiex. Logical theories and abstract argumentation: A survey of existing works. Argument and Computation, Taylor & Francis, 2020, 11 (1-2), pp.41-102. ff10.3233/AAC-190476ff. ffhal-02875289f

- [8] Steve Reeves and Mike Clarke, Logic for computer science, 1990 and 2003
<https://www.cs.waikato.ac.nz/~steve/LCS.pdf>

- [9] python igraph API reference
https://igraph.org/python/doc/api/igraph._igraph.GraphBase.html

- [10] Network science, the Barabasi-Albert model
<https://barabasi.com/f/622.pdf>

- [11] Erdos-Renyi model (for generating random graphs)
<https://www.geeksforgeeks.org/erdos-renyi-model-generating-random-graphs/>

- [12] Wikipedia, “Regular Graph”
https://en.wikipedia.org/wiki/Regular_graph
 Last updated 20 August 2021

- [13] Wikipedia, “Forest Fire Model”
https://en.wikipedia.org/wiki/Forest-fire_model
 Last updated 23 September 2019

- [14] R igraph Manual Pages, Forest Fire Network Model
https://igraph.org/r/doc/sample_forestfire.html

- [15] R igraph Manual Pages, Growing Random Graph Generation
https://igraph.org/r/doc/sample_growing.html

- [16] S. Pantziaros (2021) ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΔΟΚΙΜΩΝ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΘΕΩΡΙΩΝ ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ [Dissertation, University of Cyprus] UCY - CS Department Document Management System
<https://dms.cs.ucy.ac.cy/out/out.ViewDocument.php?documentid=16875&showtree=0>

- [17] Andreas Niskanen and Matti Järvisalo. μ -toksia: An Efficient Abstract Argumentation Reasoner. Proc. KR'20.

Παράρτημα Α – Αρχεία Παραμέτρων Γράφων

Σε αυτό το παράρτημα περιγράφονται τα αρχεία παραμέτρων γράφων και πως χρησιμοποιούνται κατά την υλοποίηση ενός γραφήματος.

Barabasi graph

Στο Σχήμα A.1 περιγράφεται πως δίνεται το αρχείο για ένα barabasi υπεργράφο. Η παράμετρος vertices δείχνει πόσες κορυφές θα έχει ο γράφος και η παράμετρος edges δείχνει πόσες ακμές θα εξέρχονται από κάθε κορυφή και παίρνει ένα εύρος από τιμές όπως φαίνεται. Επιλέγουμε τυχαία μια από αυτές για τον τελικό αριθμό ακμών.

```
vertices:5  
edges:2-3  
directed:1
```

Σχήμα A.1 Barabasi hypergraph file

Στο Σχήμα A.2 φαίνεται ένα παράδειγμα ενός αρχείου υπογράφου μοντέλου Barabasi.

```
vertices:5  
edges:2-3  
directed:0  
percentage:90.3
```

Σχήμα A.2 Barabasi subgraph file

Erdos-renyi graph

Στο Σχήμα A.3 περιγράφεται πως δίνεται το αρχείο για ένα erdos-renyi υπεργράφο. Η παράμετρος vertices δείχνει πόσες κορυφές θα έχει ο γράφος και η παράμετρος probability δείχνει την πιθανότητα εμφάνισης κάθε μοναδικής ακμής.

```
vertices:6  
probability:0.4  
directed:1
```

Σχήμα A.3 Erdos-renyi hypergraph file

Στο Σχήμα A.4 φαίνεται ένα παράδειγμα ενός αρχείου υπογράφου του μοντέλου Erdos.

```
vertices:5
probability:1
directed:0
percentage:70
```

Σχήμα A.4 Erdos-renyi subgraph file

K-Regular graph

Στο Σχήμα A.5 περιγράφεται πως δίνεται το αρχείο για ένα k-regular υπεργράφο. Η παράμετρος vertices δείχνει πόσες κορυφές θα έχει ο γράφος και η παράμετρος degree δείχνει τον βαθμό των κορυφών του γράφου.

```
vertices:6
degree:3
directed:1
```

Σχήμα A.5 K-regular hypergraph file

Στο Σχήμα A.6 φαίνεται ένα παράδειγμα ενός αρχείου υπογράφου μοντέλου k-regular.

```
vertices:7
degree:3
directed:1
percentage:0
```

Σχήμα A.6 K-regular subgraph file

Static Power Law graph

Στο Σχήμα A.7 περιγράφεται πως δίνεται το αρχείο για ένα static power law υπεργράφο. Η παράμετρος vertices δείχνει πόσες κορυφές θα έχει ο γράφος, η παράμετρος edges δείχνει πόσες ακμές θα έχει ο γράφος, οι παράμετρος ex_out είναι η κατανομή βαθμού των εξερχόμενων ακμών και η παράμετρος ex_in είναι η κατανομή βαθμού των εισερχόμενων ακμών.


```
vertices:7
edges:17
ex_out:4
ex_in:3
directed:1
```

Σχήμα A.7 Static power law hypergraph file

Στο Σχήμα A.8 φαίνεται παράδειγμα αρχείου υπογράφου μοντέλου static power law.

```
vertices:8
edges:22
ex_out:2
ex_in:2
directed:1
percentage:51.56
```

Σχήμα A.8 Static power law subgraph file

Forest fire graph

Στο Σχήμα A.9 δείχνει πως δίνεται το αρχείο για forest fire υπεργράφο. Η παράμετρος vertices δείχνει πόσες κορυφές θα έχει ο γράφος, η παράμετρος fw_prob είναι η εμπρόσθια πιθανότητα φωτιάς, η παράμετρος bw_factor είναι η αναλογία πιθανότητας καύσης, η παράμετρος ambs είναι ο αριθμός των πρεσβευτών σε κάθε βήμα.

```
vertices:9
fw_prob:0.2
bw_factor:2
ambs:5
directed:1
```

Σχήμα A.9 Forest fire hypergraph file

Στο Σχήμα A.10 φαίνεται ένα παράδειγμα αρχείου υπογράφου μοντέλου forest fire.

```
vertices:6
fw_prob:0.2
bw_factor:2
ambs:5
directed:1
percentage:0.1
```

Σχήμα A.10 Forest fire subgraph file

Growing random graph

Στο Σχήμα A.11 περιγράφεται πως δίνεται το αρχείο για ένα growing random υπεργράφο. Η παράμετρος vertices δείχνει πόσες κορυφές θα έχει ο γράφος και η παράμετρος edges δείχνει πόσες ακμές θα προστεθούν με κάθε πρόσθεση κορυφής.

```
vertices:5  
edges:3  
directed:0
```

Σχήμα A.11 Growing random hypergraph file

Στο Σχήμα A.12 φαίνεται ένα παράδειγμα ενός αρχείου υπογράφου του μοντέλου growing random.

```
vertices:4  
edges:3  
directed:0  
percentage:78.8
```

Σχήμα A.12 Growing random subgraph file

Recent degree graph

Στο Σχήμα A.13 περιγράφεται πως δίνεται το αρχείο για ένα recent degree υπεργράφο. Η παράμετρος vertices είναι οι κορυφές που θα έχει ο γράφος, η παράμετρος edges είναι ο αριθμός ακμών από κάθε κορυφή, η παράμετρος window είναι το μέγεθος του παραθύρου και η παράμετρος outpref δίνει αν θα αυξάνεται ο αριθμός των κορυφών με τις οποίες μπορεί να ενωθεί κάθε καινούργια κορυφή.

```
vertices:7  
edges:2  
window:1  
outpref:1  
directed:0
```

Σχήμα A.13 Recent degree hypergraph file

Στο Σχήμα A.14 φαίνεται παράδειγμα αρχείου υπογράφου του μοντέλου recent degree.

```

vertices:7
edges:2
window:4
outpref:1
directed:1
percentage:35.6

```

Σχήμα A.14 Recent degree subgraph file

Static fitness graph

Στο Σχήμα A.15 περιγράφεται πως δίνεται το αρχείο για ένα static fitness υπεργράφο. Η παράμετρος edges είναι πόσες ακμές θα περιέχει ο γράφος, η παράμετρος fit_out είναι μια λίστα που δίνεται όπως φαίνεται και δείχνει την αρμοδιότητα των εξερχόμενων ακμών για κάθε κορυφή και η παράμετρος fit_in είναι μια λίστα που δείχνει την αρμοδιότητα των εισερχόμενων ακμών. Οι δύο λίστες πρέπει να έχουν ίσο μέγεθος, το οποίο μέγεθος προδίδει και τον αριθμό των κορυφών του γράφου.

```

edges:10
fit_out:1 3 5 7 10 0 0 13
fit_in:0 0 0 3 20 9 1 1
directed:1

```

Σχήμα A.15 Static fitness hypergraph file

Στο Σχήμα A.16 φαίνεται ένα παράδειγμα ενός αρχείου υπογράφου του μοντέλου static fitness.

```

edges:5
fit_out:1 3 5 7 10 0 0 13
fit_in:0 0 0 3 20 9 1 1
directed:1
percentage:0

```

Σχήμα A.16 Static fitness subgraph file

Degree sequence graph

Στο Σχήμα A.17 περιγράφεται πως δίνεται το αρχείο για ένα degree sequence υπεργράφο. Η παράμετρος `out_degree` είναι μια λίστα από ακέραιους αριθμούς όπως φαίνεται πιο κάτω που δείχνει πόσες εξερχόμενες ακμές θα έχει μια κορυφή, η παράμετρος `in_degree` είναι μια λίστα από ακέραιους που δείχνει τον αριθμό των εισερχόμενων ακμών του γράφου. Οι δύο λίστες πρέπει να έχουν ίσο μέγεθος, το οποίο μέγεθος προδίδει και τον αριθμό των κορυφών του γράφου. Τέλος, η παράμετρος `method` είναι μια παράμετρος που δέχεται μια συμβολοσειρά και δείχνει την μέθοδο με την οποία θα κτιστεί ο γράφος.

```
out_degree:1 1 1 2
in_degree:1 2 1 1
method:simple
directed:1
```

Σχήμα A.17 Degree sequence hypergraph file

Στο Σχήμα A.18 φαίνεται παράδειγμα αρχείου υπογράφου μοντέλου degree sequence.

```
out_degree:1 1 1 2
in_degree:1 2 1 1
method:simple
directed:1
percentage:20
```

Σχήμα A.18 Degree sequence subgraph file

Ακολουθεί ένα απλό παράδειγμα δημιουργίας ενός τελικού γράφου για αναπαραστατική εξήγηση των παραμέτρων των αναφερόμενων αρχείων. Στα σχήματα A.19, A.20 και A.21 παρουσιάζονται όλα τα απαραίτητα αρχεία για το παράδειγμα.

```
instances:1
hypergraph:3
hypergraphfile:kregular.txt
edgesbetweensub:2
subgraphsnum:1
subgraphs:4
subgraphfiles:staticpowerlawsub.txt
percentagesofsubgraphs:100
```

Σχήμα A.19 input.txt

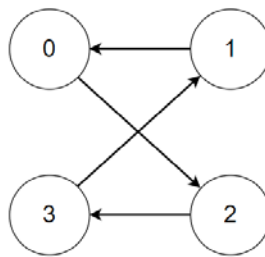
```
vertices:4
degree:2
directed:1
```

Σχήμα A.20 kregular.txt

```
vertices:5
edges:4
ex_out:2
ex_in:2
directed:1
```

Σχήμα A.21 staticpowerlawsub.txt

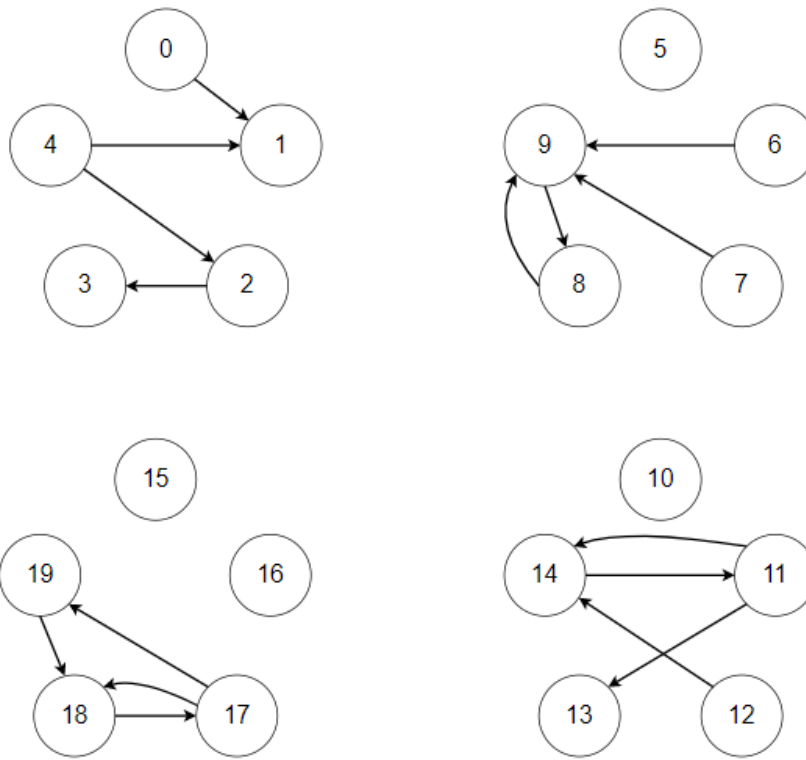
Πρώτα θα δημιουργήσουμε τον υπεργράφο, ο οποίος είναι τύπου K-regular, κατευθυνόμενος, με 4 κορυφές και βαθμό 2. Ο υπεργράφος φαίνεται στο σχήμα A.22.



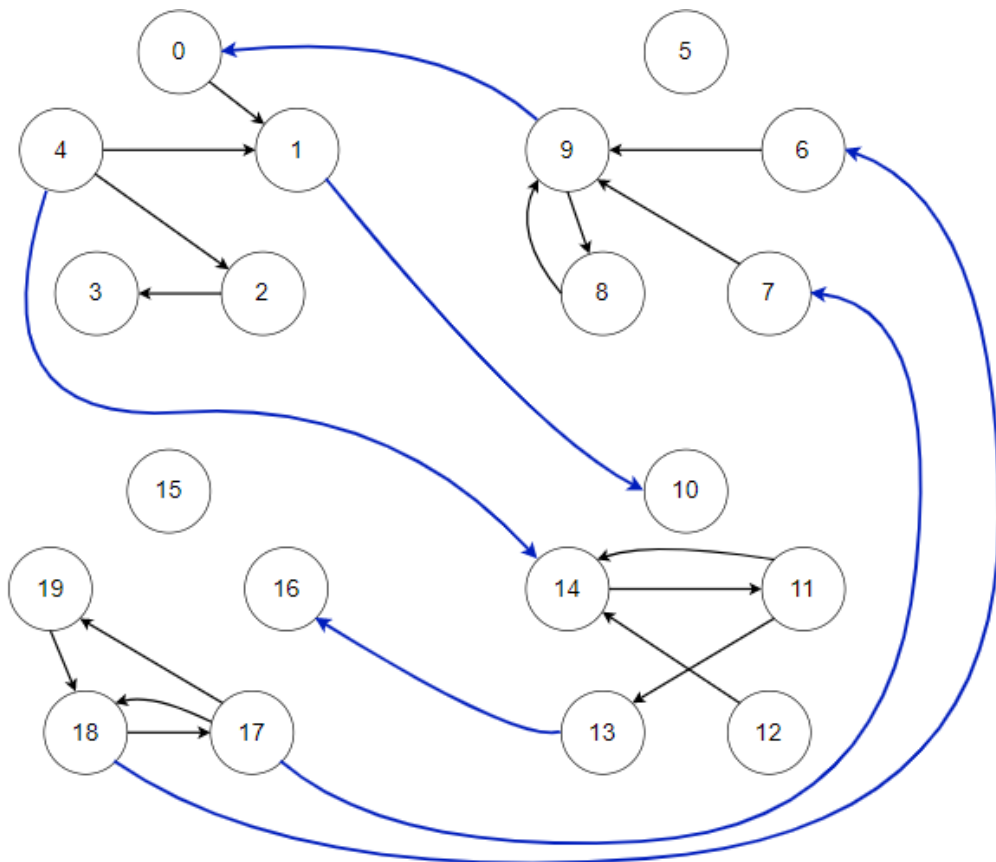
Σχήμα A.22 K regular hypergraph

Στη συνέχεια κτίζονται οι 4 υπογράφοι τύπου static power law. Στο σχήμα A.23, οι κορυφές 0 μέχρι 4 αντιστοιχούν στην κορυφή 0 του υπεργράφου, οι κορυφές 5 έως 9 αντιστοιχούν στην κορυφή 1 του υπεργράφου, οι κορυφές 10 έως 14 αντιστοιχούν στην κορυφή 2 του υπεργράφου, οι κορυφές 15 έως 19 αντιστοιχούν στην κορυφή 3 του υπεργράφου. Τέλος ενώνονται οι υπογράφοι με βάση τις ακμές που έχει ο υπεργράφος.

Στο Σχήμα A.24 βλέπουμε τον τελικό γράφο. Με μπλε είναι οι ακμές οι οποίες προστέθηκαν για να αναπαραστήσουν τις ακμές του υπεργράφου και να ενώσουν τους διάφορους υπογράφους. Ο μέγιστος αριθμός ακμών που χρησιμοποιείτε για την ένωση δύο γράφων είναι δύο, όπως δόθηκε στο αρχείο εισόδου. Οι ακμές (4, 14) και (1, 10) είναι η αντίστοιχη ακμή του υπεργράφου (0, 2). Η ακμή (9, 0) είναι η αντίστοιχη ακμή (1, 0) του υπεργράφου. Η ακμή (13, 16) είναι η αντίστοιχη ακμή (2, 3) του υπεργράφου. Οι ακμές (18, 6) και (17, 7) αντιστοιχούν στην ακμή (3, 1) του υπεργράφου.



Σχήμα A.23 Static power law subgraphs



Σχήμα A.24 Final graph