

# ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΟΙΝΩΝΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ

Σχολή Ηλ. Μηχ. & Μηχ. Η/Υ - 9<sup>ο</sup> Εξάμηνο

## 1<sup>η</sup> Εργαστηριακή Άσκηση

### Ανάλυση & Μελέτη Σύνθετων Τοπολογιών Δικτύου

Στην παρούσα άσκηση θα δημιουργηθούν και θα αναλυθούν τοπολογίες, ορισμένες από τις οποίες χρησιμοποιούνται για την αναπαράσταση σύνθετων ή/και κοινωνικών δικτύων. Η ανάλυση θα γίνει μέσω των μετρικών ανάλυσης που παρουσιάστηκαν στις διαλέξεις του μαθήματος. Επίσης θα μελετηθεί η συνεκτικότητα δικτύων, η εμφάνιση φαινομένων κατωφλίου (threshold behavior), και η εξελικτική συμπεριφορά ορισμένων σύνθετων τύπων δικτύων. Τα δίκτυα που θα μελετηθούν δίνονται στον Πίνακα 1.



Πίνακας 1 – Σύνθετα δίκτυα και χαρακτηριστικές παράμετροι

Τύπος Δικτύου	Μοντέλο	Αναγνωριστικό	Παράμετροι
Πλέγμα	Πεπερασμένο	REG	Κόμβοι $n$
			βαθμός $d$
Τυχαίος γράφος	Erdos-Renyi	RG (ER)	Κόμβοι $N$
			Συνδέσεις $M$
Τυχαίος γράφος	Gilbert	RG (G)	Κόμβοι $n$ ,
			Πιθανότητα σύνδεσης $p$
Τυχαίος γεωμετρικός γράφος	Επίπεδος	RGG	Περιοχή $L \times L$
			Κόμβοι $n$
			Ακτίνα $R$
Scale-free	Barabasi-Albert	SF (BA)	Κόμβοι $n$
			Βαθμός αρχικού πλέγματος $d$
Small-world	Watts-Strogatz	SW (WS)	Κόμβοι $n$
			Βαθμός αρχικού πλέγματος $d$
			Πιθανότητα ανασύνδεσης $g_p$

#### Α) Δημιουργία και οπτικοποίηση σύνθετων τύπων δικτύου

Για τις τιμές των παραμέτρων που δίνονται στον Πίνακα 2<sup>1</sup> και με χρήση των συναρτήσεων Matlab που σημειώνονται στον Πίνακα 2, ζητείται να κατασκευαστούν και να οπτικοποιηθούν οι τοπολογίες **REG**, **RG (ER)**, **RGG**, **SF (BA)** και **SW (WS)** του Πίνακα 1 με χρήση του πίνακα γειτνίασης (adjacency matrix).




Πίνακας 2 – Τιμές παραμέτρων σύνθετων τοπολογιών

Τοπολογία	Παράμετροι	Συνάρτηση
<b>REG</b>	Κόμβοι $n = 1 \times 10^4$	 smallw.m
	βαθμός $d = 4$	
<b>RG (ER)</b>	Κόμβοι $N = 1 \times 10^4$	 erdrey.m

<sup>1</sup> Στις τιμές του Πίνακα 2, όπου  $x$ , αντικαταστήστε το τελευταίο ψηφίο του αριθμού μητρώου σας.

# ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΟΙΝΩΝΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ

Σχολή Ηλ. Μηχ. & Μηχ. Η/Υ - 9<sup>ο</sup> Εξάμηνο

	συνδέσεις $M = 750$	
<b>RGG</b>	Περιοχή $L \times L = 1000^2$	 rgg.m
	Κόμβοι $n = 1x0$	
	Ακτίνα $R = 250$	
<b>SF (BA)</b>	Κόμβοι $n = 1x0$	 pref.m
	Βαθμός αρχικού πλέγματος $d = 4$	
<b>SW (WS)</b>	Κόμβοι $n = 1x0$	 smallw.m
	Βαθμός αρχικού πλέγματος $d = 4$	
	Πιθανότητα ανασύνδεσης $g_p = 0.3$	

## Β) Μελέτη βαθμού κόμβων

Για κάθε μια από τις τοπολογίες **REG**, **RG (ER)**, **RGG**, **SF (BA)** και **SW (WS)** του Πίνακα 1 και με χρήση των παραμέτρων του ερωτήματος (Α):

- 1) Να υπολογιστεί ο βαθμός κάθε κόμβου,
- 2) Να αναπαρασταθεί (plot) η κατανομή βαθμών κόμβων του δικτύου (δηλαδή, για κάθε βαθμό πόσοι κόμβοι έχουν αυτό το βαθμό) καθώς και η συγκεντρωτική κατανομή βαθμού κόμβου (δηλαδή, για κάθε βαθμό πόσοι κόμβοι έχουν το πολύ αυτό το βαθμό),
- 3) Να υπολογιστεί ο μέσος βαθμός κόμβου καθώς και η διασπορά των βαθμών κόμβου για κάθε μια από τις εν λόγω τοπολογίες.

Συγκρίνατε εποπτικά και εξηγήστε τις διαφορές στην κατανομή βαθμού, το μέσο βαθμό και τη διασπορά βαθμού κόμβου σε κάθε τοπολογία με βάση τα χαρακτηριστικά της (όπως εξηγήθηκαν στη θεωρία).

## Γ) Δίκτυα με βάρη

Για ένα δίκτυο με βάρη στις συνδέσεις του, όμοια με τον πίνακα γειτνίασης, ορίζεται ο πίνακας βαρών,  $W = [w_{ij}]$ , όπου με  $w_{ij} > 0$  συμβολίζεται το βάρος στη ακμή που ενώνει τους κόμβους  $i, j$ . Για μη-κατευθυνόμενους γράφους ο πίνακας  $W$  είναι συμμετρικός. Για κάθε μια από τις τοπολογίες (μη-κατευθυνόμενοι γράφοι) **REG**, **RG (ER)**, **RGG**, **SF (BA)** και **SW (WS)** του Πίνακα 1 να δημιουργηθεί τυχαίος πίνακας βαρών, με χρήση της συνάρτησης rand του Matlab. Το εύρος των βαρών να κυμαίνεται στο διάστημα **[1,10]**. Στη συνέχεια, για κάθε μία τοπολογία:

- (i) να υπολογιστεί η δύναμη κάθε κόμβου,
- (ii) να αναπαρασταθεί η συγκεντρωτική κατανομή δύναμης (cumulative strength distribution) των κόμβων του δικτύου (σε κάθε τιμή δύναμης αντιστοιχίζεται το πλήθος των κόμβων με δύναμη μικρότερη ή ίση από αυτή), και
- (iii) να υπολογιστεί η μέση δύναμη για όλους τους κόμβους.

## Δ) Υπολογισμός μέσου μήκους μονοπατιού

Για κάθε μια από τις τοπολογίες **REG**, **RG (ER)**, **RGG**, **SF (BA)** και **SW (WS)** του Πίνακα 1 να υπολογιστεί το μέσο μήκος μονοπατιού και η διασπορά του στο δίκτυο. Να παρουσιαστούν συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα. Πραγματοποιήστε συγκρίσεις και

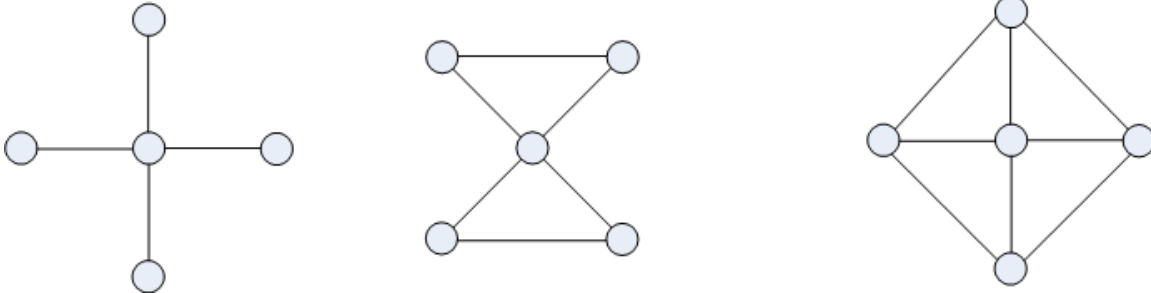
# ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΟΙΝΩΝΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ

Σχολή Ηλ. Μηχ. & Μηχ. Η/Υ - 9<sup>ο</sup> Εξάμηνο

εξηγήστε με βάση τα χαρακτηριστικά της κάθε τοπολογίας όπως εξηγήθηκαν στη θεωρία.

## Ε) Υπολογισμός συντελεστή ομαδοποίησης (ΣΟ)

### Ε.1 Αναλυτικός υπολογισμός του ΣΟ



Για κάθε μια από τις παραπάνω τοπολογίες να υπολογιστεί αναλυτικά (να φαίνονται οι πράξεις) το τοπικό ΣΟ του κάθε κόμβου και ναδειχθεί η κατανομή του τοπικού ΣΟ για όλους τους κόμβους.

Στη συνέχεια να υπολογιστεί και να συγκριθεί το μέσο ΣΟ κάθε τοπολογίας.

### Ε.2 Υπολογισμός ΣΟ σε μεγαλύτερες συνθετικές τοπολογίες με χρήση Matlab

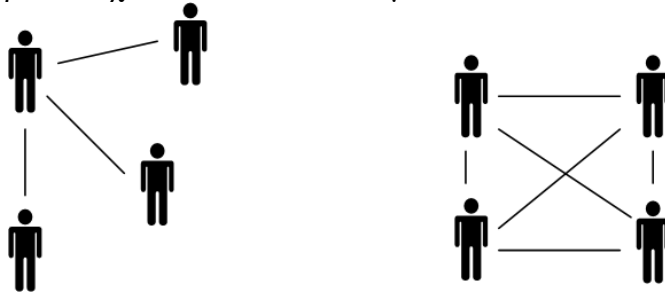
Για κάθε μια από τις τοπολογίες **REG**, **RG (ER)**, **RG**, **SF (BA)** και **SW (WS)** του Πίνακα 1, να υπολογιστεί το τοπικό ΣΟ του κάθε κόμβου και να απεικονιστεί η συγκεντρωτική κατανομή ΣΟ για όλους τους κόμβους και να σχολιαστούν τα αποτελέσματα.

Στη συνέχεια να υπολογιστεί και να συγκριθεί ο μέσος ΣΟ κάθε τοπολογίας.

## Ζ) Υπολογισμός κεντρικότητας κόμβων

### Ζ.1 Αναλυτικός υπολογισμός της κεντρικότητας

Για καθένα από τα παρακάτω δίκτυα υπολογίστε αναλυτικά (να φαίνονται οι πράξεις) τις εξής μετρικές κεντρικότητας, degree centrality, closeness centrality, betweenness centrality και συγκρίνετε/σχολιάστε τα αποτελέσματα.



### Ζ.2 Υπολογισμός Κεντρικότητας σε μεγαλύτερες συνθετικές τοπολογίες με χρήση Matlab

Για κάθε μια από τις παραπάνω τοπολογίες και κάθε τύπο από τις παρακάτω μετρικές κεντρικότητας, να υπολογιστεί η τοπική κεντρικότητα του κάθε κόμβου και να απεικονιστεί η συγκεντρωτική κατανομή κεντρικότητας για όλους τους κόμβους και να σχολιαστούν τα αποτελέσματα.

# ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΟΙΝΩΝΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ

Σχολή Ηλ. Μηχ. & Μηχ. Η/Υ - 9<sup>ο</sup> Εξάμηνο

Στη συνέχεια να υπολογιστεί και να συγκριθεί η μέση κεντρικότητα κάθε τοπολογίας (για όλες τις μετρικές).

- Degree centrality
- Closeness centrality
- Betweenness centrality
- Eigenvector centrality

*Για την εκτέλεση της άσκησης μπορείτε να χρησιμοποιήσετε ενδεικτικά τις ακόλουθες έτοιμες συναρτήσεις Matlab.*

Πίνακας 3 – Χρήσιμες συναρτήσεις για την εκτέλεση της εργαστηριακής άσκησης

Ονομασία Συνάρτησης	Λειτουργία	Παράμετροι
<b>closeness.m</b>	Closeness Centrality	Adjacency Matrix
<b>eigencentrality.m</b>	Eigenvector Centrality	Adjacency Matrix
<b>node_betweenness_faster.m</b>	Betweenness Centrality	Adjacency Matrix
<b>degrees.m</b>	Βαθμός Κόμβου & Degree Centrality	Adjacency Matrix
<b>cumulativedist.m</b>	Συσσωρευτική κατανομή βαθμού κόμβου, κατανομή βαθμού κόμβου	vector with node degree values number of nodes in the network
<b>ave_path_length.m</b>	Μέσο μήκος μονοπατιού	Adjacency Matrix
<b>FindComponents.m</b>	Αριθμός συνδεδεμένων τμημάτων δικτύου	Adjacency Matrix, nodes
<b>clust_coeff.m/ clustering_coefficients.m</b>	Συντελεστής ομαδοποίησης	Adjacency Matrix
<b>isconnected.m</b>	Έλεγχος συνεκτικότητας δικτύου	Adjacency Matrix
<b>all_shortest_paths.m</b>	Συντομότερα μονοπάτια για όλα τα ζεύγη κόμβων	Sparse Adjacency Matrix
<b>var</b>	Μεταβλητότητα πίνακα ή διανύσματος	Για πίνακα A, A(:) Για διάνυσμα A, A
<b>cumulativecentrality.m</b>	Συσσωρευτική κατανομή κεντρικότητας	vector with local centrality values number of nodes in the network
<b>plotGraphBasic.m</b>	Οπτικοποίηση τοπολογίας δικτύου	Adjacency Matrix, node coordinates, nodes, edges

Περισσότερες πληροφορίες για τις συναρτήσεις και τη μορφή των παραμέτρων που δέχονται μπορείτε να βρείτε στον παρακάτω σύνδεσμο (αλλά και μέσα στον κώδικά ως σχόλια):

[http://strategic.mit.edu/downloads.php?page=matlab\\_networks](http://strategic.mit.edu/downloads.php?page=matlab_networks)