



Σύνθετα Δίκτυα

com+plex: with+ -fold (having parts)

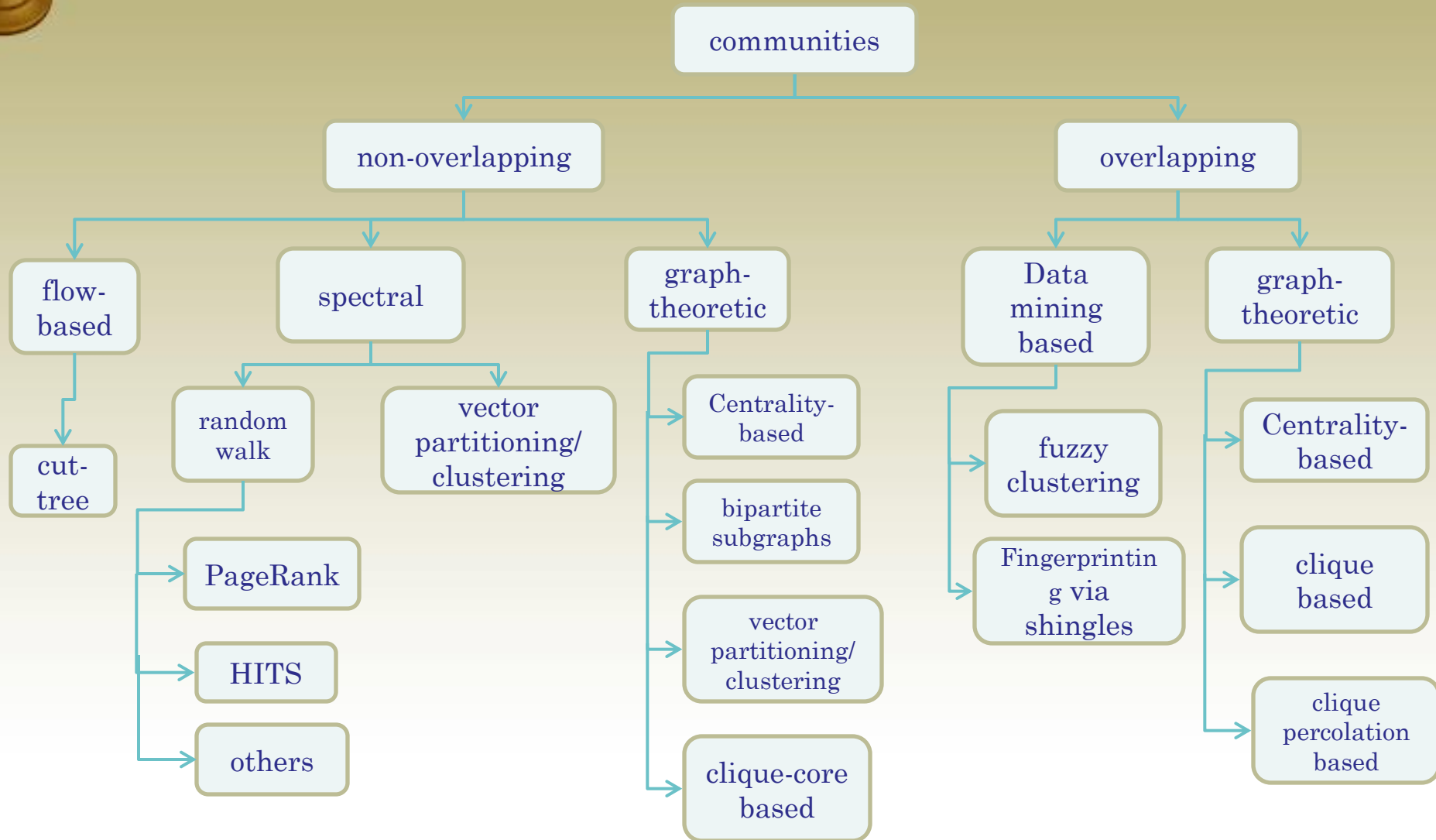
Διδάσκων –
Δημήτριος Κατσαρός



Communities in Complex Networks

Κοινότητες σε Σύνθετα Δίκτυα

Εντοπισμός κοινοτήτων: Κατηγοριοποίηση



Clique Percolation Method (CPM)

- Η εύρεση κοινοτήτων αντιμετωπίζεται ως διαδικασία “percolation” [Palla05].
- Ξεκινώντας από μια k -clique, κόμβοι προοδευτικά προσκολλώνται με κριτήριο του να είναι προσβάσιμοι δια μέσου μιας προσκείμενης κλίκας (clique adjacency) (δύο k -cliques είναι προσκείμενες εάν μοιράζονται $k-1$ κόμβους)
- Υποστηρίζει επικάλυψη, φωλιασμένες κοινότητες
- Πολύ αυστηρός ορισμός. Λίγες μόνο κοινότητες θα βρεθούν σε δίκτυα με μεγάλες k -cliques



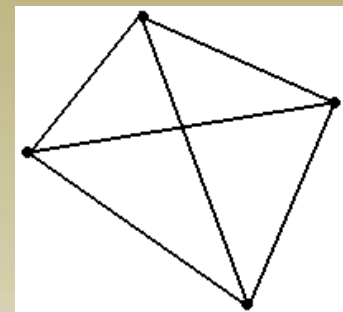
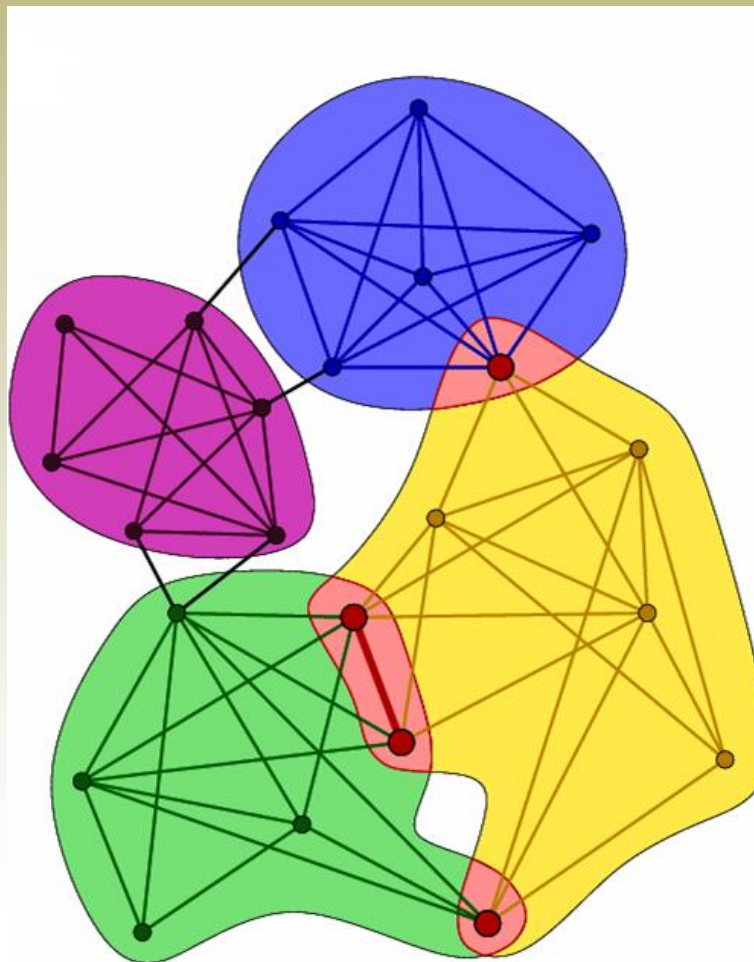
**Ο CPM αναγνωρίζει k -clique κοινότητες:
Την ένωση των k -cliques στις οποίες μπορούμε να φτάσουμε από τη μια στην άλλη δια μέσου μιας ακολουθίας προσκείμενων k -cliques**

k-clique template rolling

Πειραματισμός με

- *electronic preprints*, (~ 30,000 authors)
- *protein dbase* (2,600 nodes)
- *word association* (10,600 words)

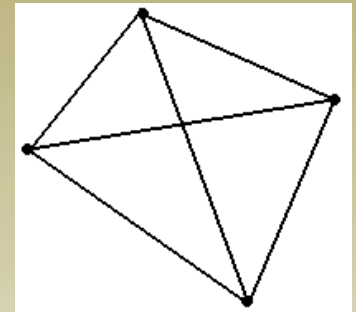
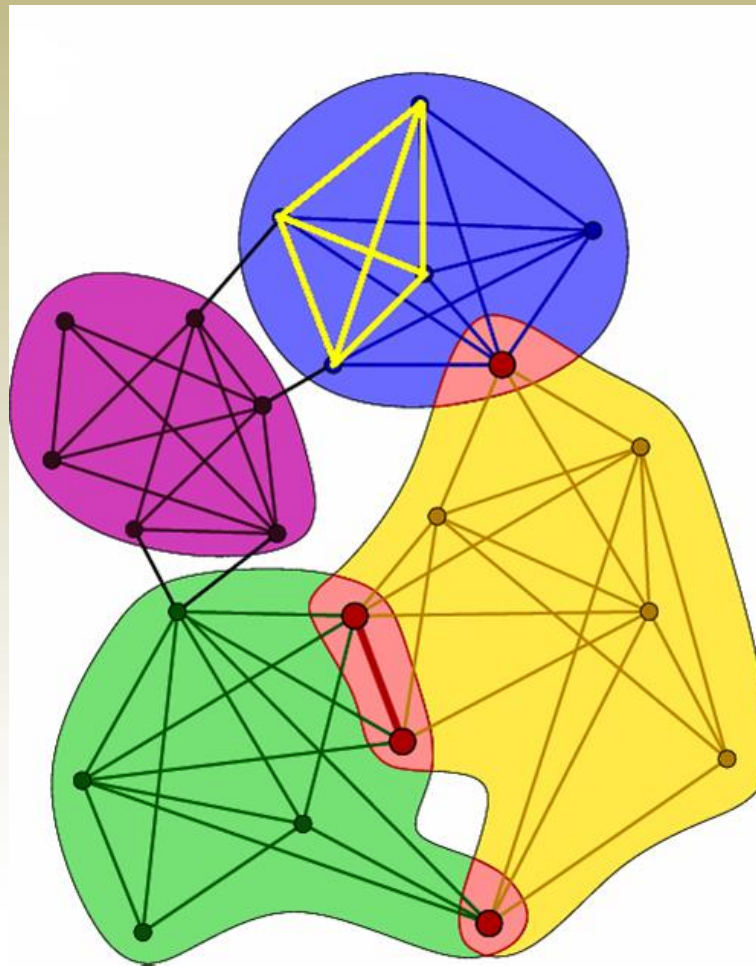
$O(\exp(n))$
μεγάλα δίκτυα, με $N \sim 10,000$ ή περισσότερους απαιτούν πιο αποδοτικούς αλγορίθμους!



a 4-clique

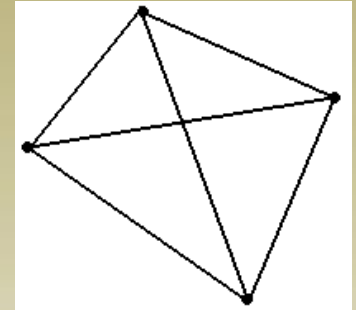
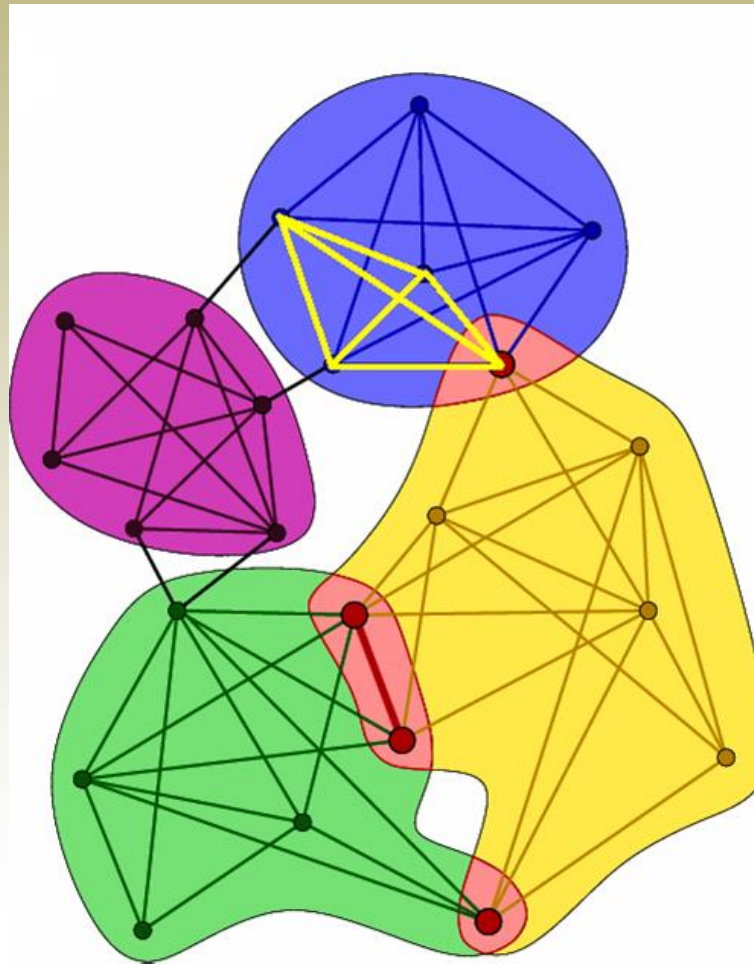
Δυο κόμβοι ανήκουν στην ίδια κοινότητα εάν μπορεί να συνδεθούν δια μέσου προσκείμενων k-cliques

k-clique template rolling



a 4-clique

k-clique template rolling



a 4-clique



Communities in Complex Networks

Κοινότητες σε Σύνθετα Δίκτυα

Εντοπισμός κοινοτήτων: Κατηγοριοποίηση

communities

- Η ανάγκη για αλγορίθμους να ανιχνεύουν επικαλυπτόμενες κοινότητες και ιεραρχίες κοινοτήτων επισημάνθηκε από [Katsaros09], $O(n^3)$
 - core node(s): cliques, seeds, poles κ.τ.λ. αναγνωρίζονται και κατόπιν κοινότητες χτίζονται γύρω από αυτές ...
 - Πειραματισμός με τεχνητά δεδομένα, Web sites (ενδεικτικά μεγέθη ~125,000 κόμβους; ~325,000 κόμβους)

overlapping

graph-theoretic

Centrality-based

clique based

clique percolation based

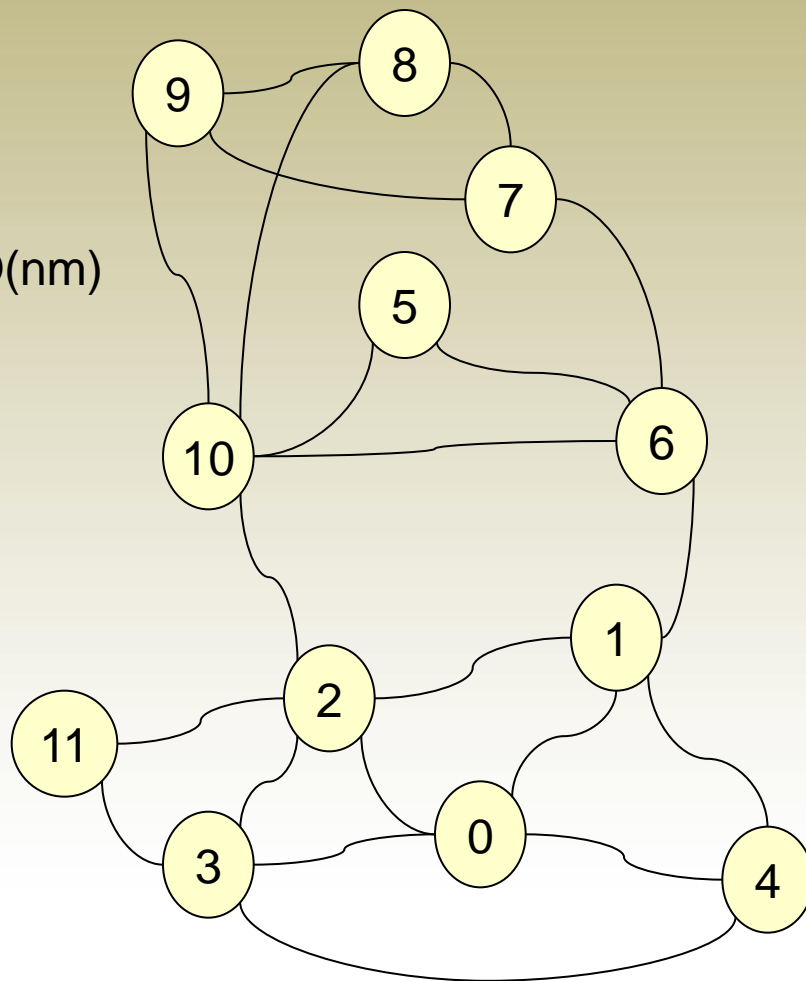


Overlapping centrality-based: Η μέθοδος CiBC

- Στόχος: $\frac{d_{out}(C)}{d_{in}(C)} < s$ να είναι αληθές
- CiBC αλγόριθμος [Katsaros09]:
 - Χτίζονται “cliques” και κοινότητες γύρω από αντιπροσώπους (pole) κόμβους (με μικρή SPBC)

Η μέθοδος CiBC

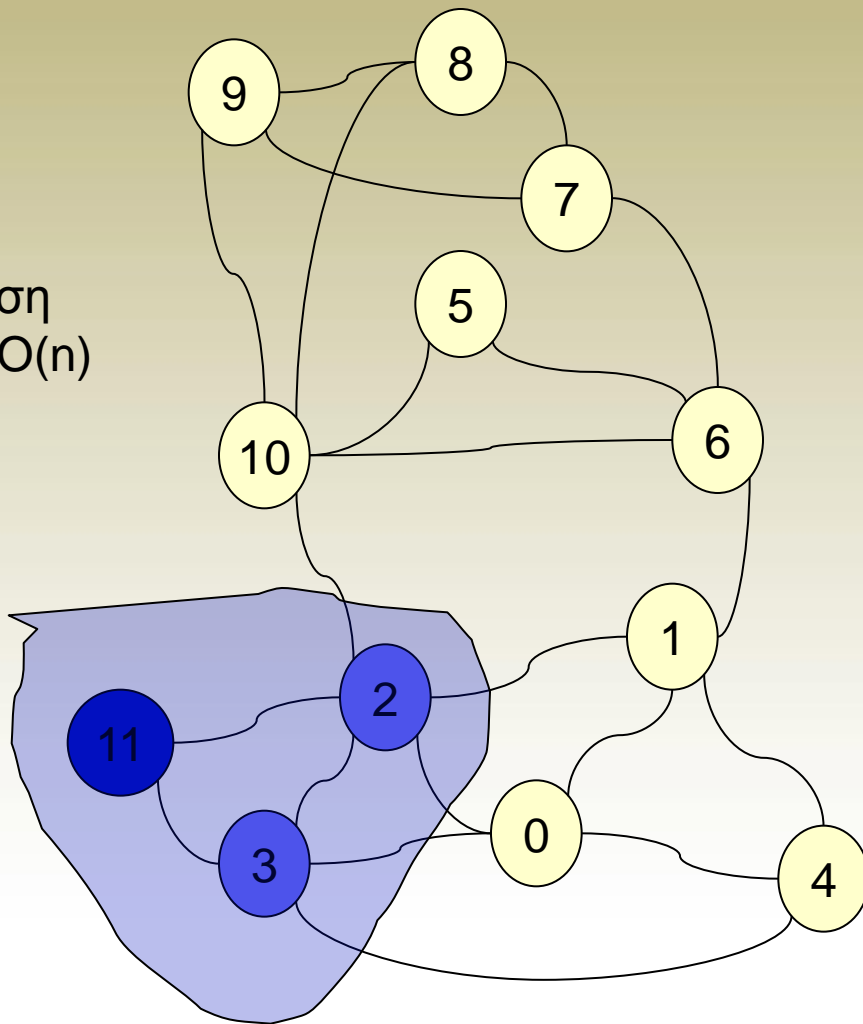
Φάση 1:
Υπολογισμός BC -O(nm)



ID	BC index
10	20.68
2	19.61
6	11.38
1	10.28
7	2.06
0	1.73
9	0.99
8	0.99
4	0.75
5	0.00
11	0.00

Η μέθοδος CiBC

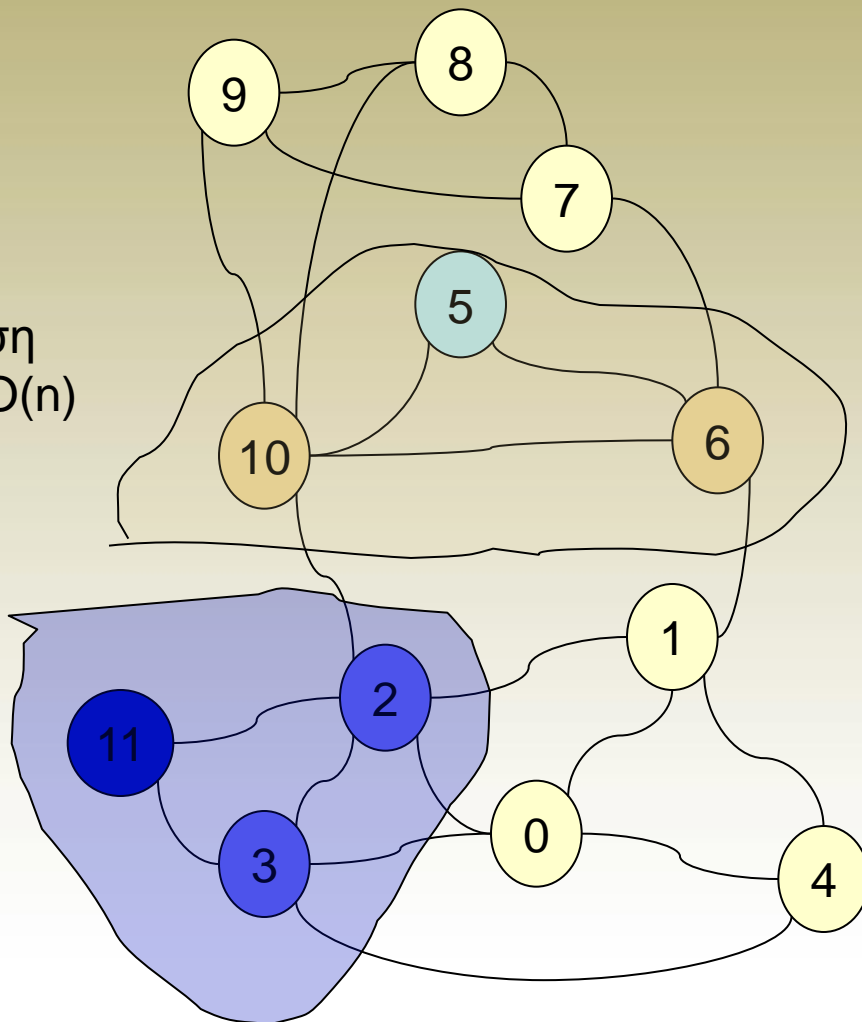
Φάση 2:
Αρχικοποίηση
των cliques - $O(n)$



ID	BC index
10	20.68
2	19.61
6	11.38
1	10.28
7	2.06
0	1.73
9	0.99
8	0.99
4	0.75
5	0.00
11	0.00

Η μέθοδος CiBC

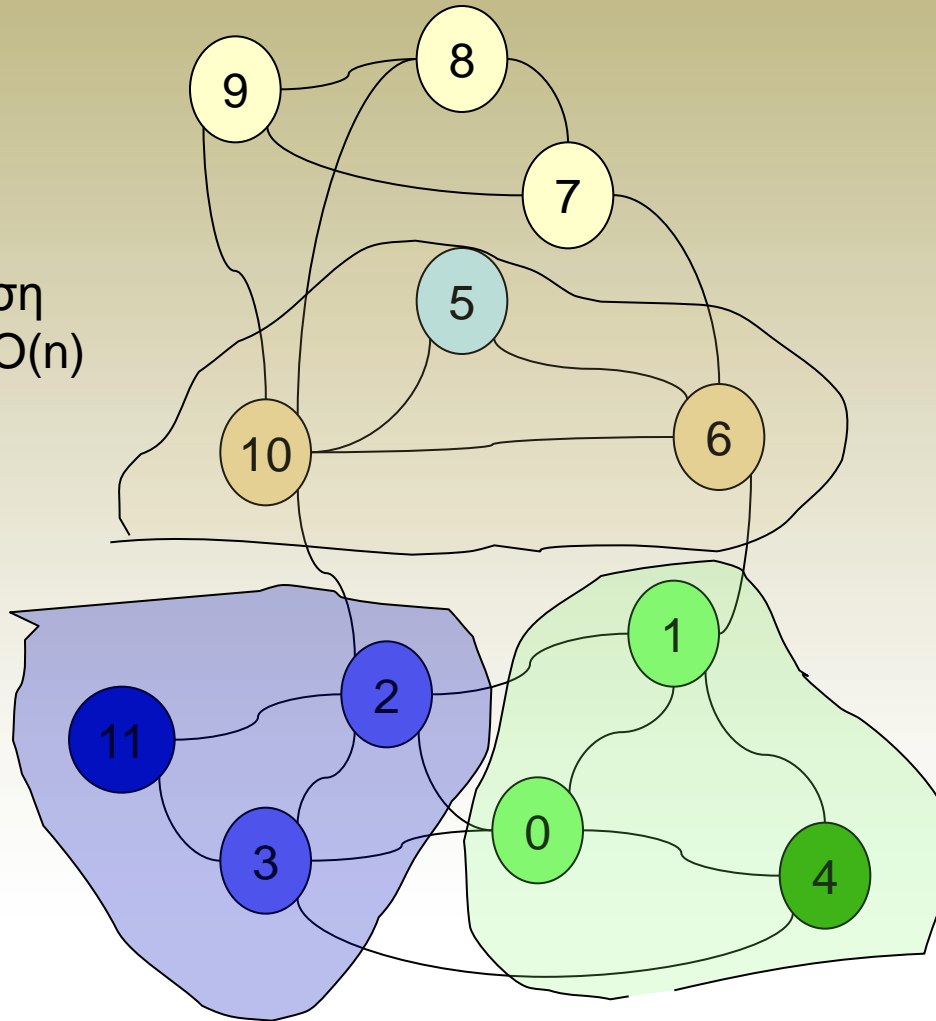
Φάση 2:
Αρχικοποίηση
των cliques - $O(n)$



ID	BC index
10	20.68
2	19.61
6	11.38
1	10.28
7	2.06
0	1.73
9	0.99
8	0.99
4	0.75
5	0.00
11	0.00

Η μέθοδος CiBC

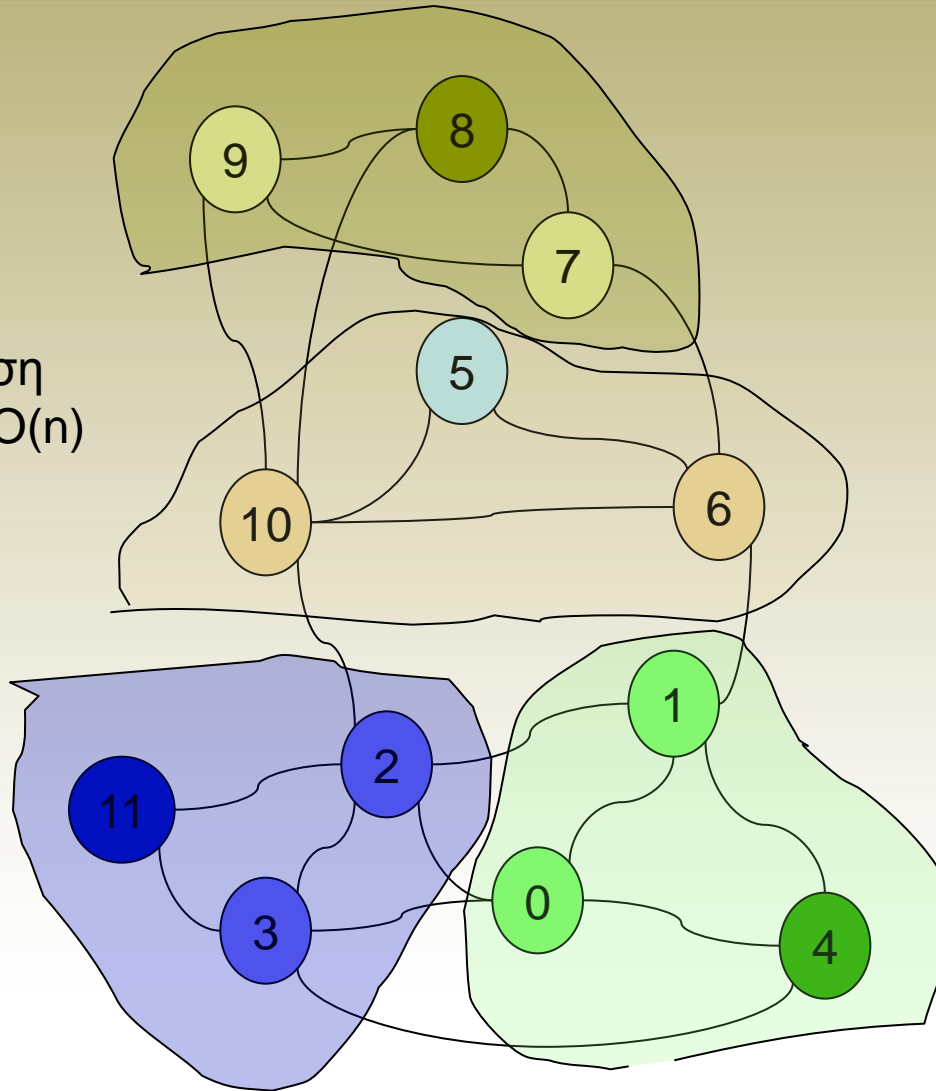
Φάση 2:
Αρχικοποίηση
των cliques - $O(n)$



ID	BC index
10	20.68
2	19.61
6	11.38
1	10.28
7	2.06
0	1.73
9	0.99
8	0.99
4	0.75
5	0.00
11	0.00

Η μέθοδος CiBC

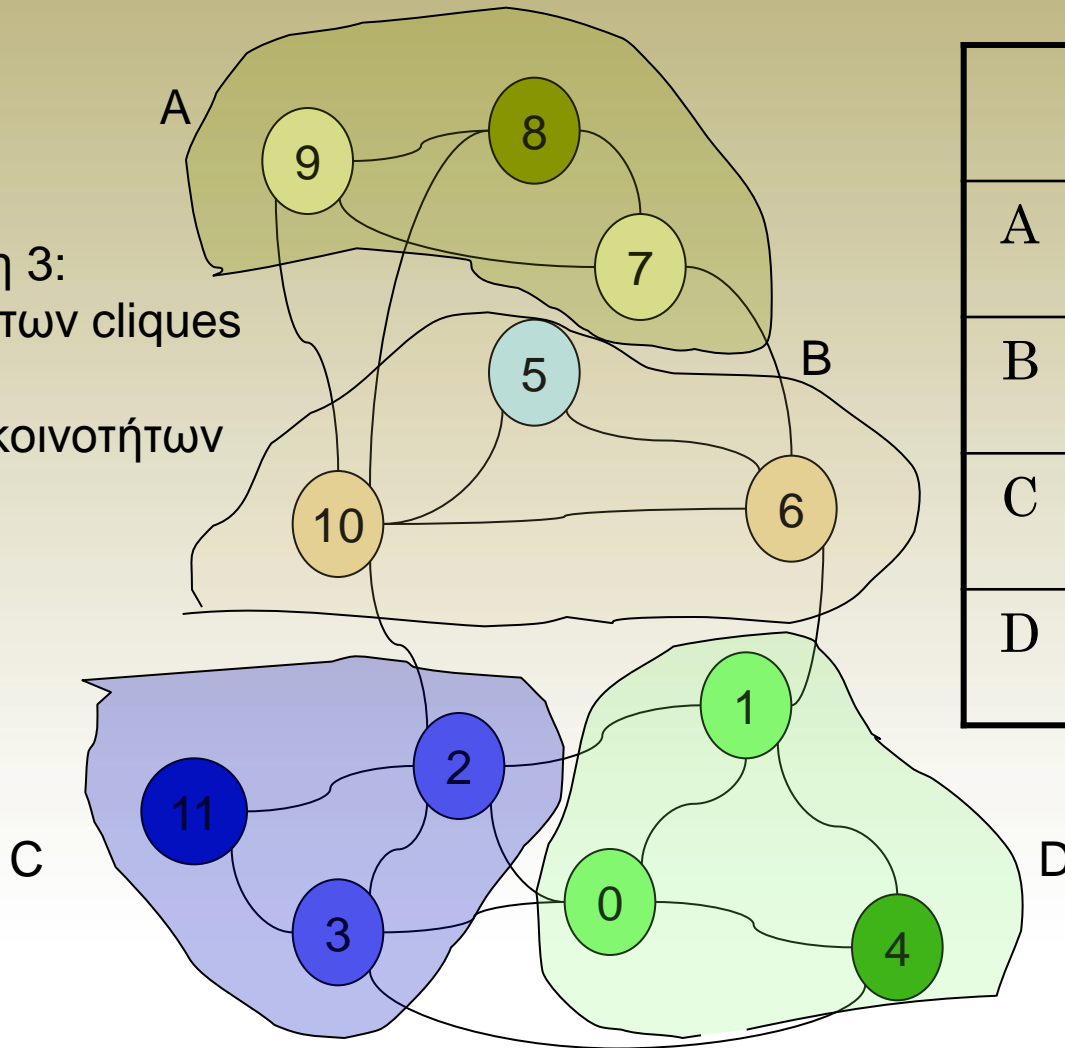
Φάση 2:
Αρχικοποίηση
των cliques - $O(n)$



ID	BC index
10	20.68
2	19.61
6	11.38
1	10.28
7	2.06
0	1.73
9	0.99
8	0.99
4	0.75
5	0.00
11	0.00

Η μέθοδος CiBC

Φάση 3:
Συγχώνευση των cliques
&
Δημιουργία κοινοτήτων

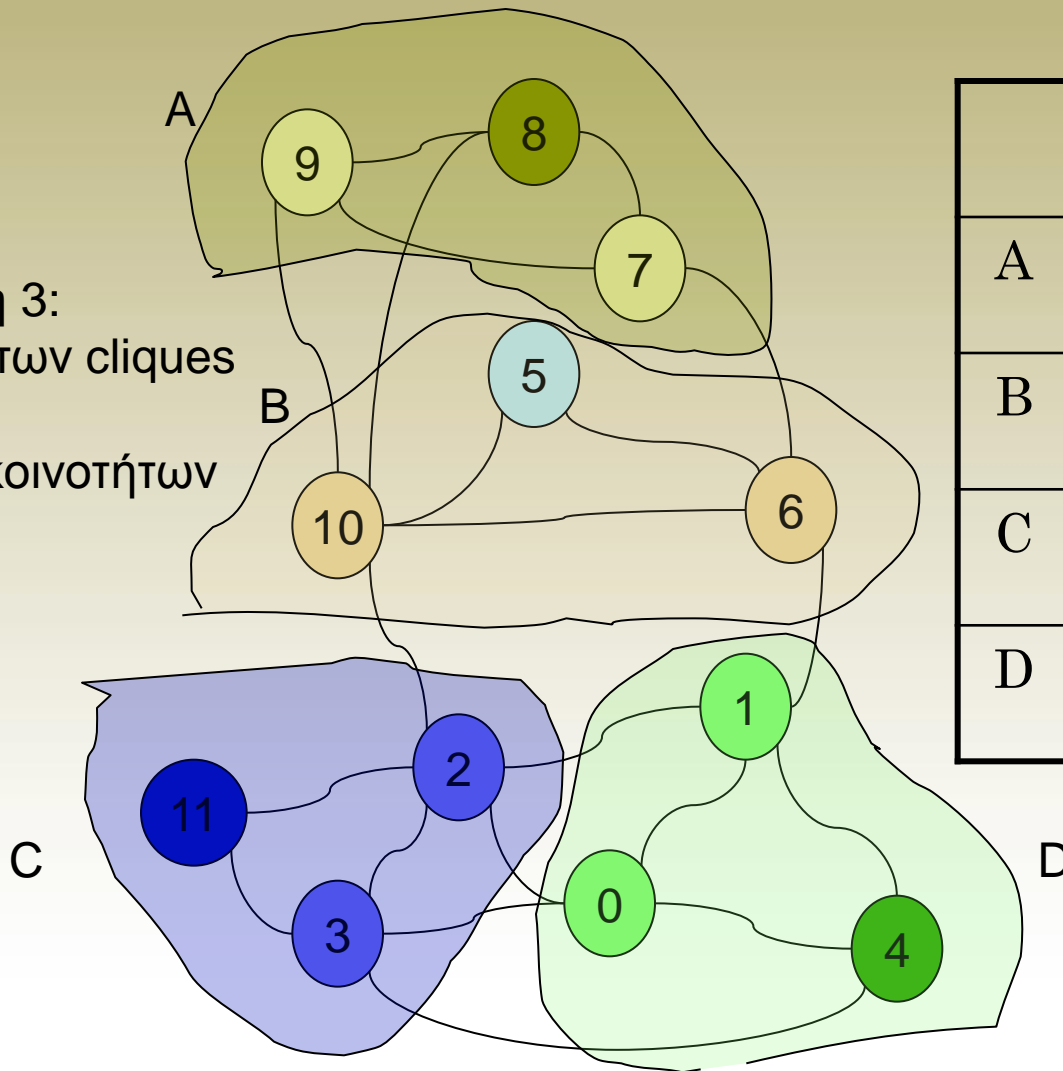


	A	B	C	D
A	3	3	0	0
B	3	3	1	1
C	0	1	3	4
D	0	1	4	3

Complexity: $O(I^2)$
I is the number
of cliques

Η μέθοδος CiBC

Φάση 3:
Συγχώνευση των cliques
&
Δημιουργία κοινοτήτων



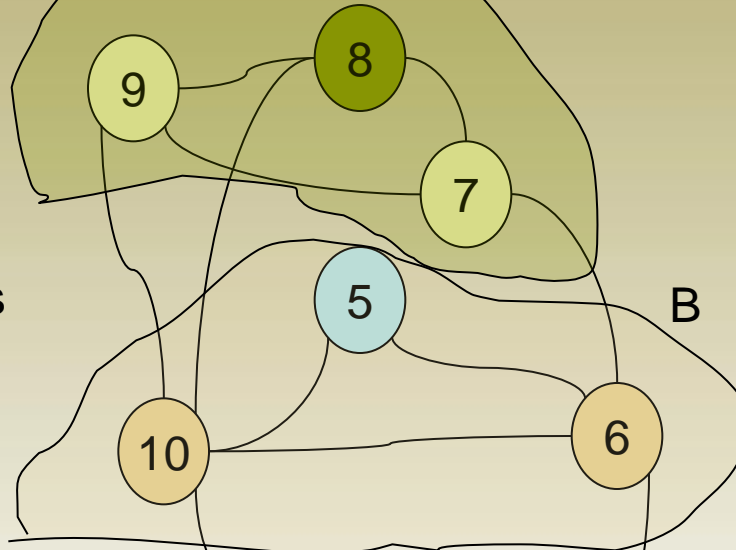
	A	B	C	D
A	3	3	0	0
B	3	3	1	1
C	0	1	3	4
D	0	1	4	3

$$\begin{array}{r} 4 \\ \hline 3 \end{array}$$



Η μέθοδος CiBC

A



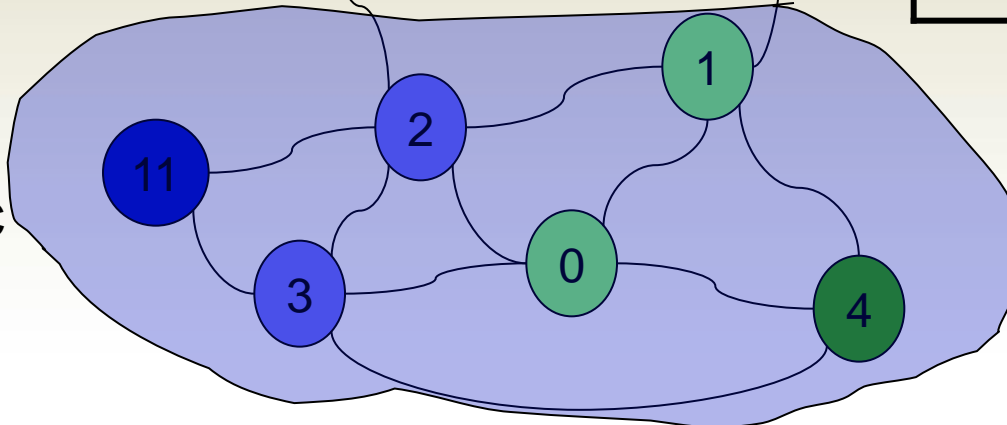
Φάση 3:

Συγχώνευση των cliques
&

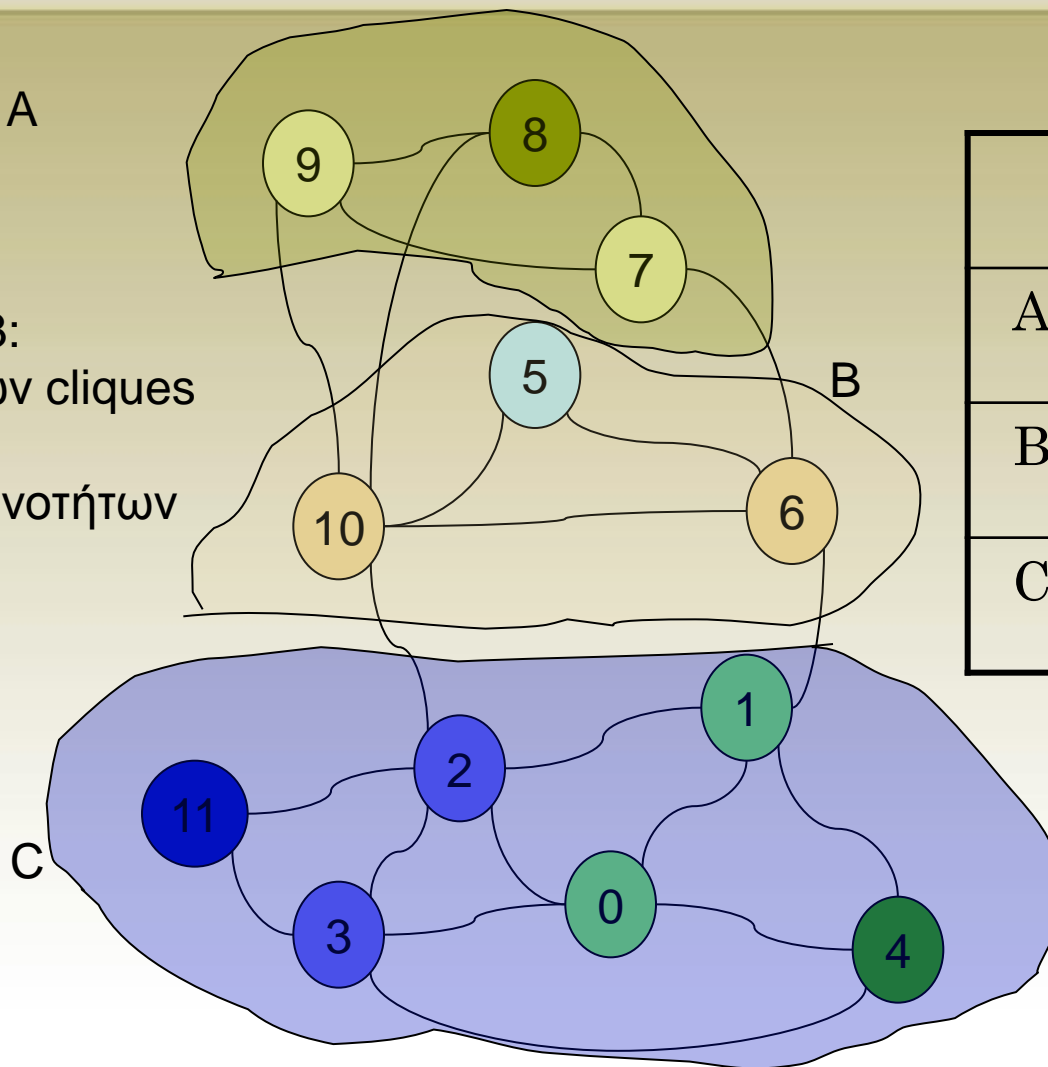
Δημιουργία κοινοτήτων

	A	B	C
A	3	3	0
B	3	3	2
C	0	2	10

C



Η μέθοδος CiBC



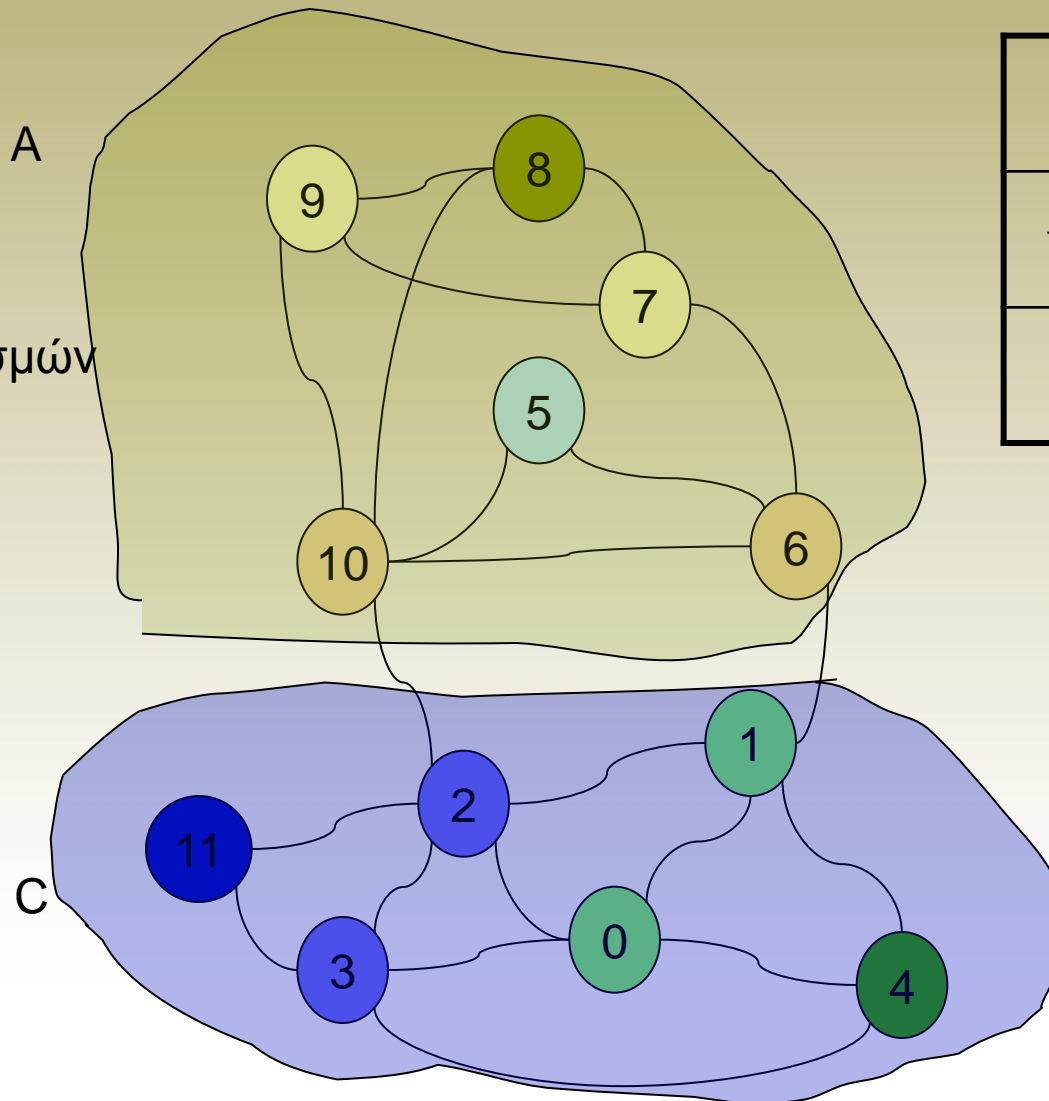
Φάση 3:
Συγχώνευση των cliques
&
Δημιουργία κοινοτήτων

	A	B	C
A	3	3	0
B	3	3	2
C	0	2	10



Η μέθοδος CiBC

Φάση 4:
Έλεγχος περιορισμών



	A	C
A	9	2
C	2	10



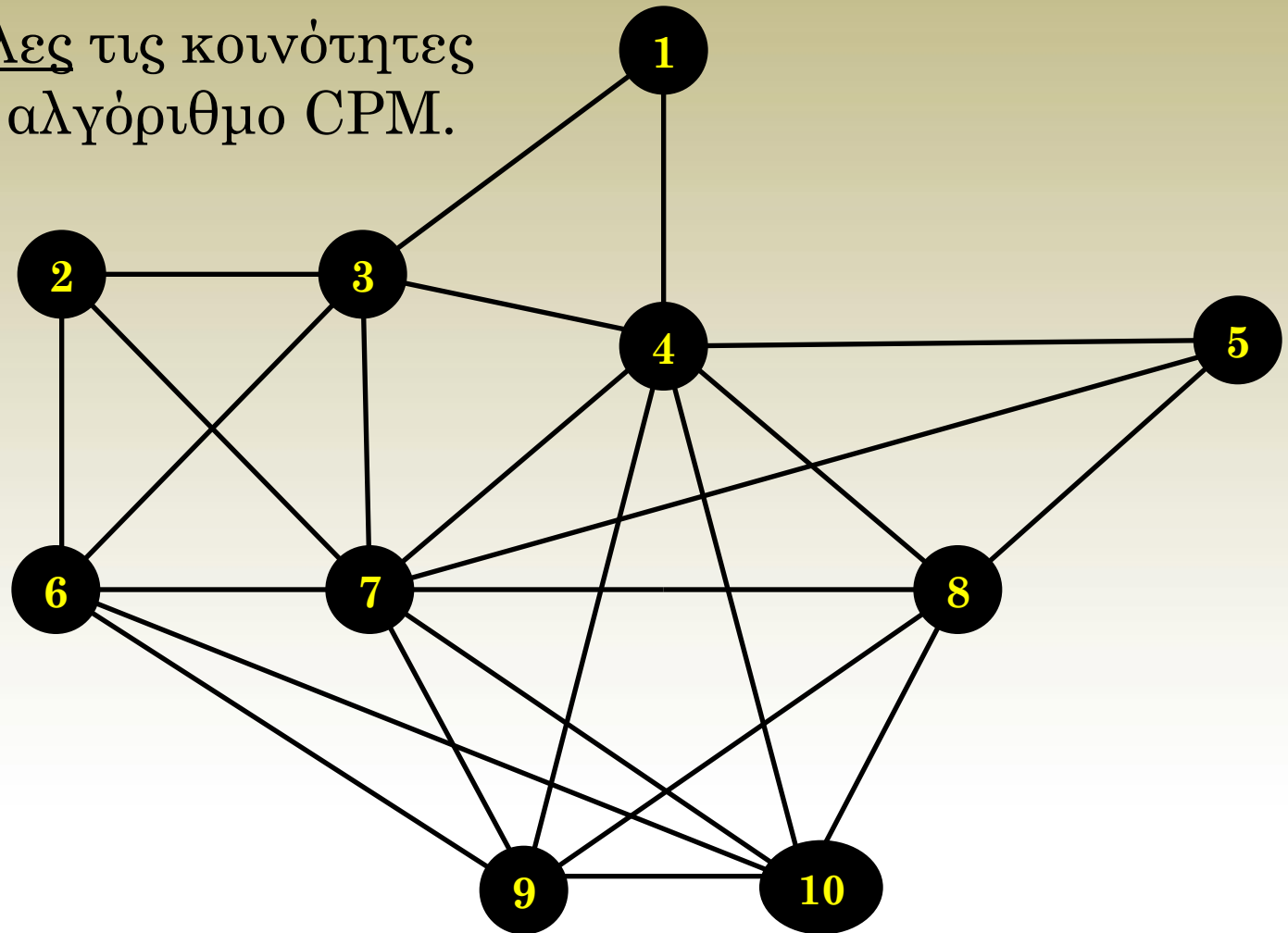
References

- [Katsaros09] D. Katsaros, G. Pallis, K. Stamos, A. Vakali, A. Sidiropoulos, and Y. Manolopoulos. *CDNs content outsourcing via generalized communities*. **IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering**, Vol. 21, No. 1, Jan. 2009.
- [Palla05] Palla, G., Derényi I, Farkas I, Vicsek T. (2005) *Uncovering the overlapping community structure of complex networks in nature and society*. **Nature**, 435, 814–818

Ασκήσεις

- Άσκηση 1.

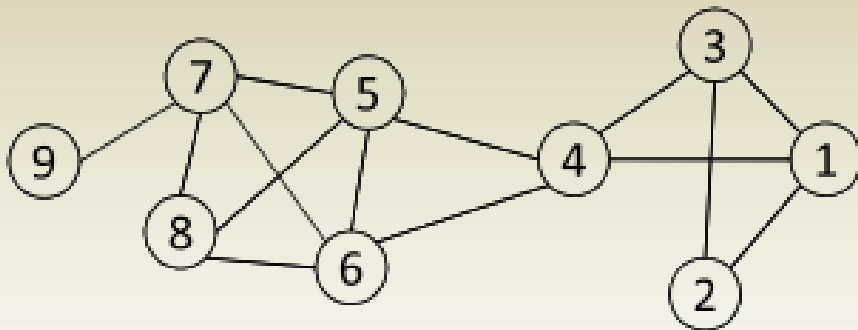
Να βρείτε όλες τις κοινότητες με βάση τον αλγόριθμο CPM.



Ασκήσεις

- Άσκηση 2.

Στο παρακάτω δίκτυο για το οποίο δίνονται οι node SPBC, να βρείτε τις κοινότητες κατά CPM, και κατά CiBC.



Centrality:		Shortest-path Betweenne...
	Vertex	Centrality
4		15
7		7
5		6
6		6
1		3
3		3
2		0
8		0
9		0