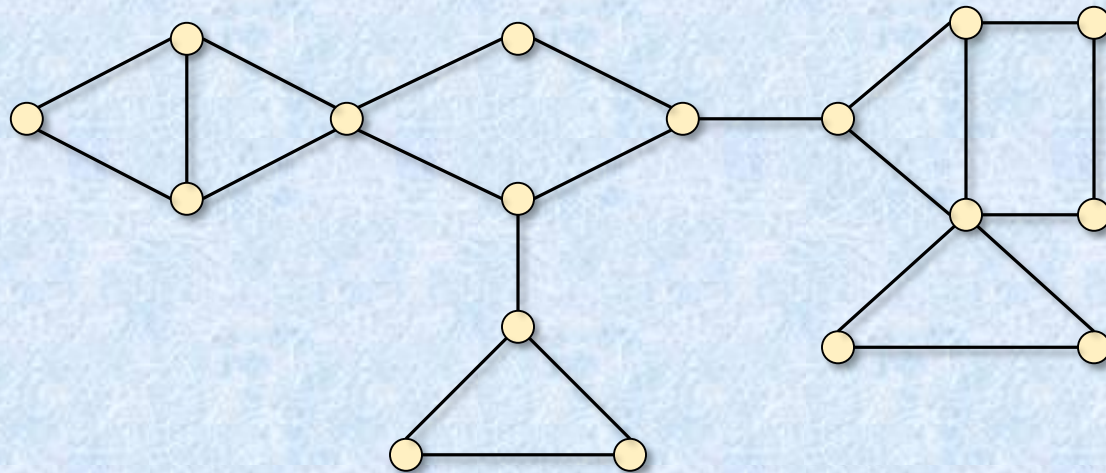


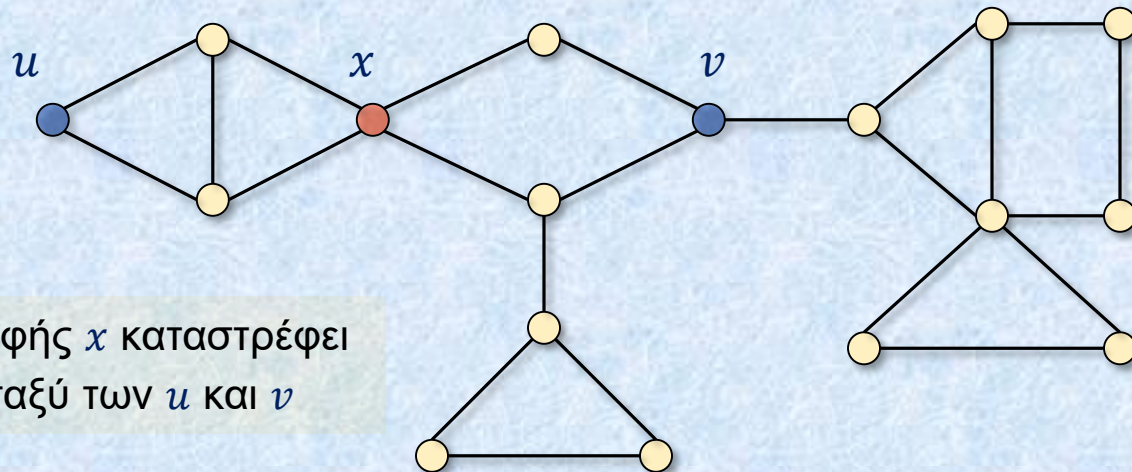
Συνεκτικότητα Γραφήματος

- Θεμελιώδης έννοια στη Θεωρία Γραφημάτων.
- Πληθώρα πρακτικών εφαρμογών, όπως:
 - Αξιόπιστη και ασφαλής επικοινωνία.
 - Δρομολόγηση σε δίκτυα.
 - Πλοήγηση.



Συνεκτικότητα Γραφήματος

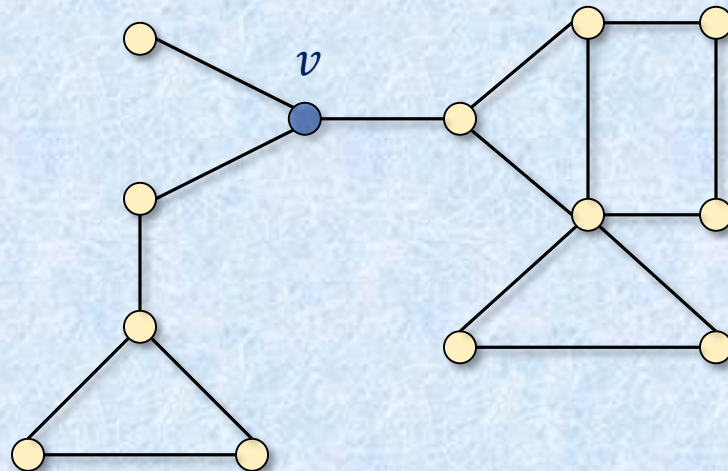
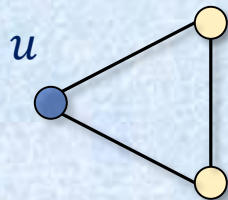
- Θεμελιώδης έννοια στη Θεωρία Γραφημάτων.
- Πληθώρα πρακτικών εφαρμογών, όπως:
 - Αξιόπιστη και ασφαλής επικοινωνία.
 - Δρομολόγηση σε δίκτυα.
 - Πλοήγηση.



Η διαγραφή της κορυφής x καταστρέφει όλα τα μονοπάτια μεταξύ των u και v

Συνεκτικότητα Γραφήματος

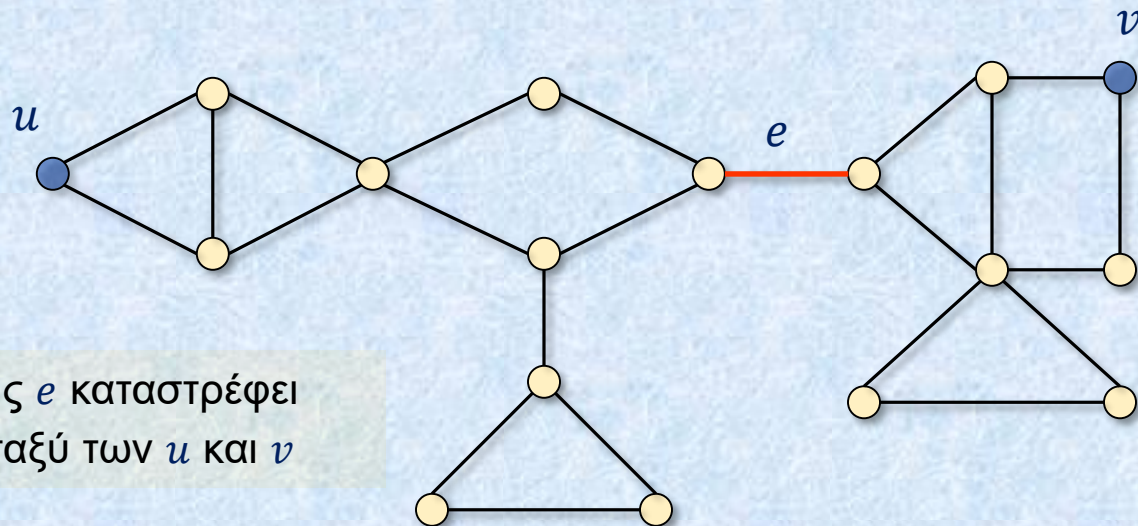
- Θεμελιώδης έννοια στη Θεωρία Γραφημάτων.
- Πληθώρα πρακτικών εφαρμογών, όπως:
 - Αξιόπιστη και ασφαλής επικοινωνία.
 - Δρομολόγηση σε δίκτυα.
 - Πλοήγηση.



Η διαγραφή της κορυφής x καταστρέφει όλα τα μονοπάτια μεταξύ των u και v

Συνεκτικότητα Γραφήματος

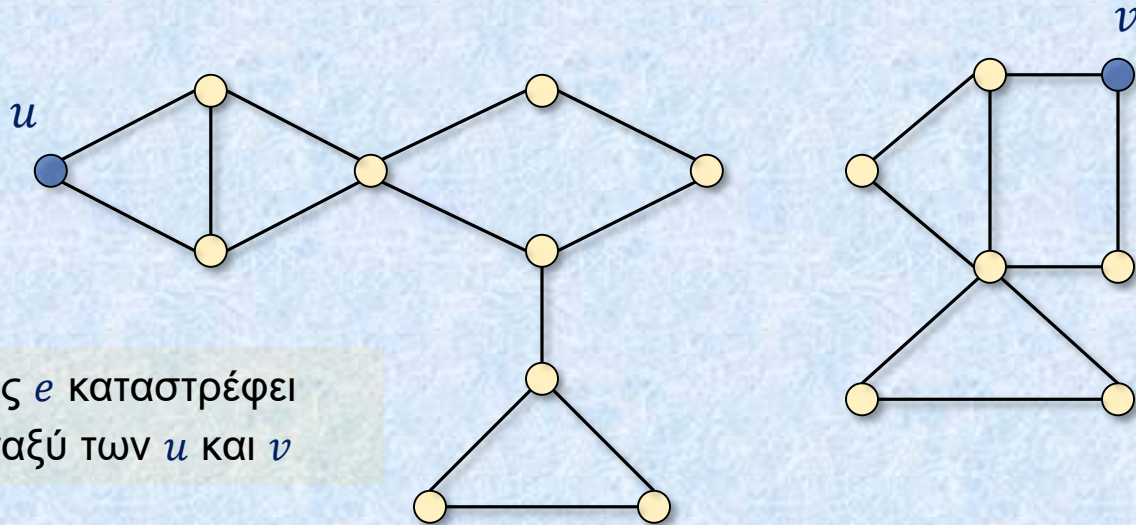
- Θεμελιώδης έννοια στη Θεωρία Γραφημάτων.
- Πληθώρα πρακτικών εφαρμογών, όπως:
 - Αξιόπιστη και ασφαλής επικοινωνία.
 - Δρομολόγηση σε δίκτυα.
 - Πλοήγηση.



Η διαγραφή της ακμής e καταστρέφει όλα τα μονοπάτια μεταξύ των u και v

Συνεκτικότητα Γραφήματος

- Θεμελιώδης έννοια στη Θεωρία Γραφημάτων.
- Πληθώρα πρακτικών εφαρμογών, όπως:
 - Αξιόπιστη και ασφαλής επικοινωνία.
 - Δρομολόγηση σε δίκτυα.
 - Πλοήγηση.

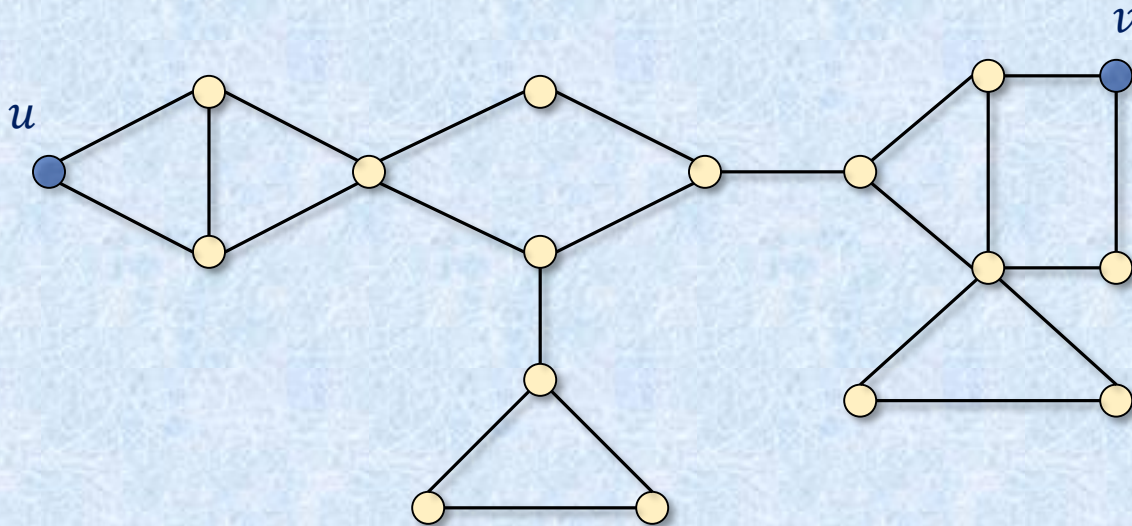


Η διαγραφή της ακμής e καταστρέφει όλα τα μονοπάτια μεταξύ των u και v

Συνεκτικότητα Γραφήματος

Συνεκτικό γράφημα $G = (V, E)$:

Για κάθε ζεύγος κορυφών $u, v \in V$, υπάρχει μονοπάτι που συνδέει τη u με τη v



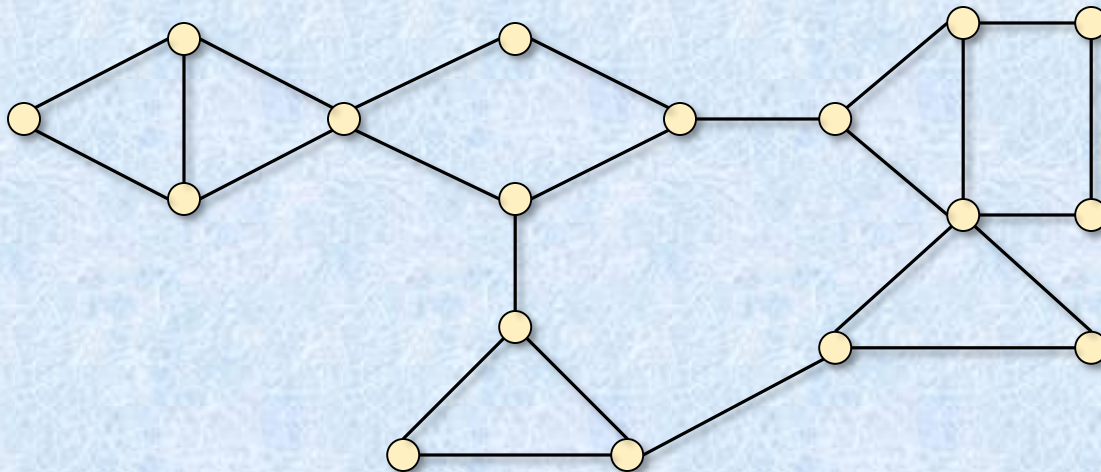
Συνεκτικότητα Γραφήματος

Συνεκτικό γράφημα $G = (V, E)$:

Για κάθε ζεύγος κορυφών $u, v \in V$, υπάρχει μονοπάτι που συνδέει τη u με τη v

Γράφημα με **k-συνεκτικότητα ακμών** :

Παραμένει συνεκτικό μετά τη διαγραφή οποιουδήποτε συνόλου $S \subseteq E$ με το πολύ $k - 1$ ακμές ($|S| \leq k - 1$)



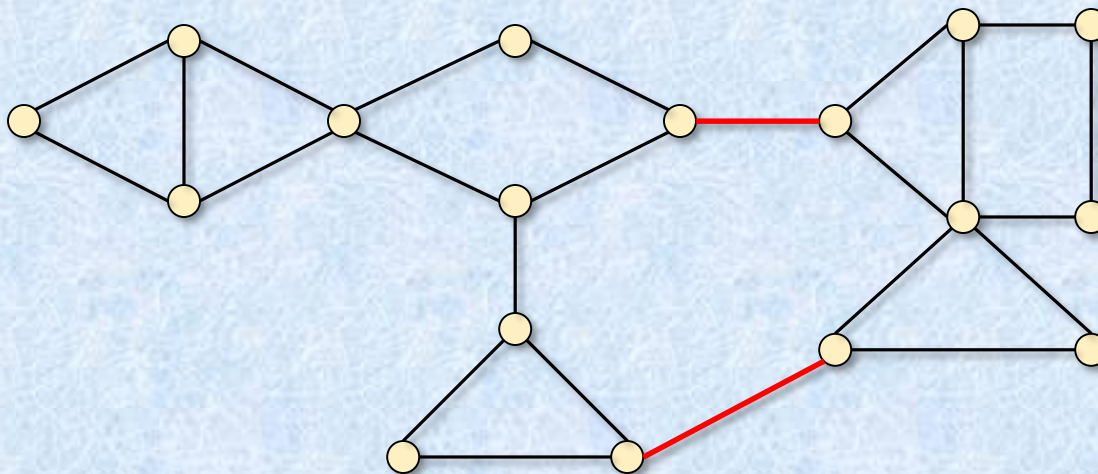
Συνεκτικότητα Γραφήματος

Συνεκτικό γράφημα $G = (V, E)$:

Για κάθε ζεύγος κορυφών $u, v \in V$, υπάρχει μονοπάτι που συνδέει τη u με τη v

Γράφημα με **k -συνεκτικότητα ακμών** :

Παραμένει συνεκτικό μετά τη διαγραφή οποιουδήποτε συνόλου $S \subseteq E$ με το πολύ $k - 1$ ακμές ($|S| \leq k - 1$)



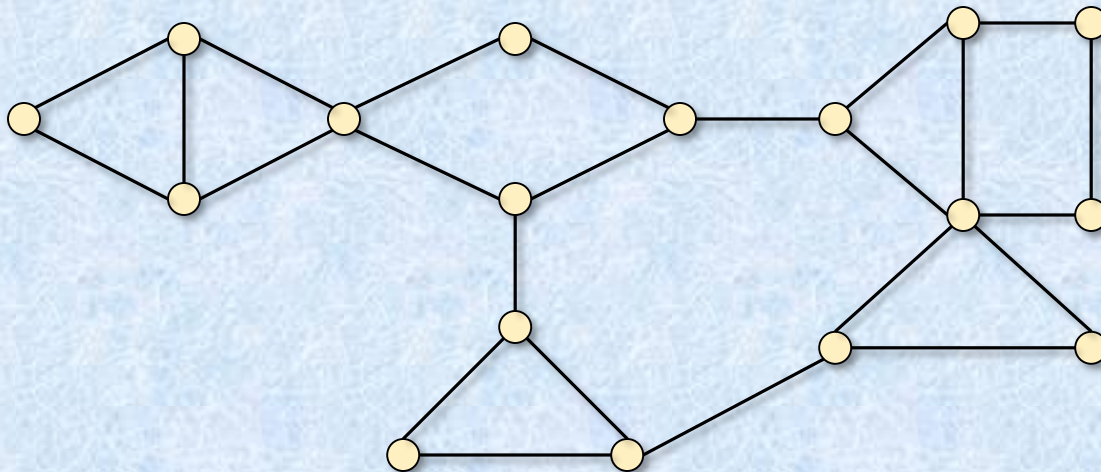
Συνεκτικότητα Γραφήματος

Συνεκτικό γράφημα $G = (V, E)$:

Για κάθε ζεύγος κορυφών $u, v \in V$, υπάρχει μονοπάτι που συνδέει τη u με τη v

Γράφημα με **k-συνεκτικότητα κορυφών** :

Παραμένει συνεκτικό μετά τη διαγραφή οποιουδήποτε συνόλου $S \subseteq V$ με το πολύ $k - 1$ κορυφές ($|S| \leq k - 1$)



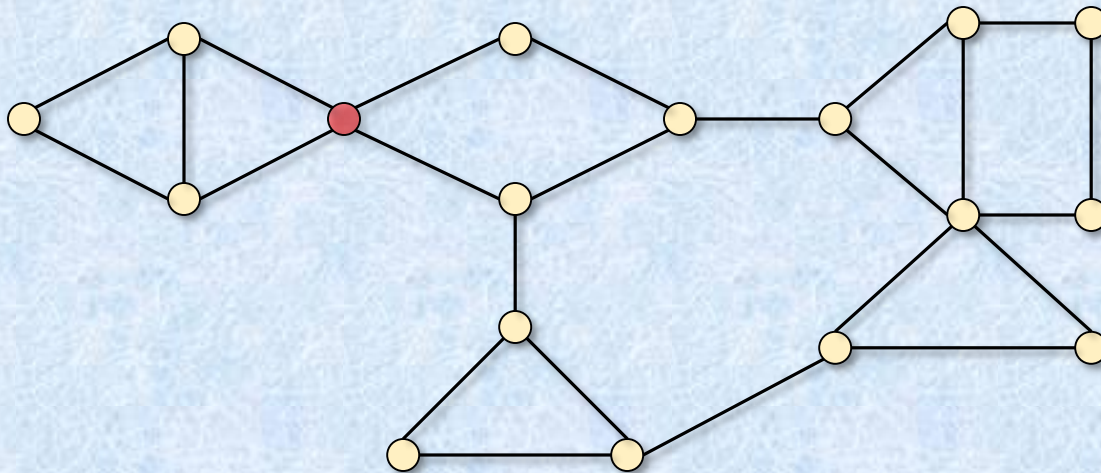
Συνεκτικότητα Γραφήματος

Συνεκτικό γράφημα $G = (V, E)$:

Για κάθε ζεύγος κορυφών $u, v \in V$, υπάρχει μονοπάτι που συνδέει τη u με τη v

Γράφημα με **k -συνεκτικότητα κορυφών** :

Παραμένει συνεκτικό μετά τη διαγραφή οποιουδήποτε συνόλου $S \subseteq V$ με το πολύ $k - 1$ κορυφές ($|S| \leq k - 1$)



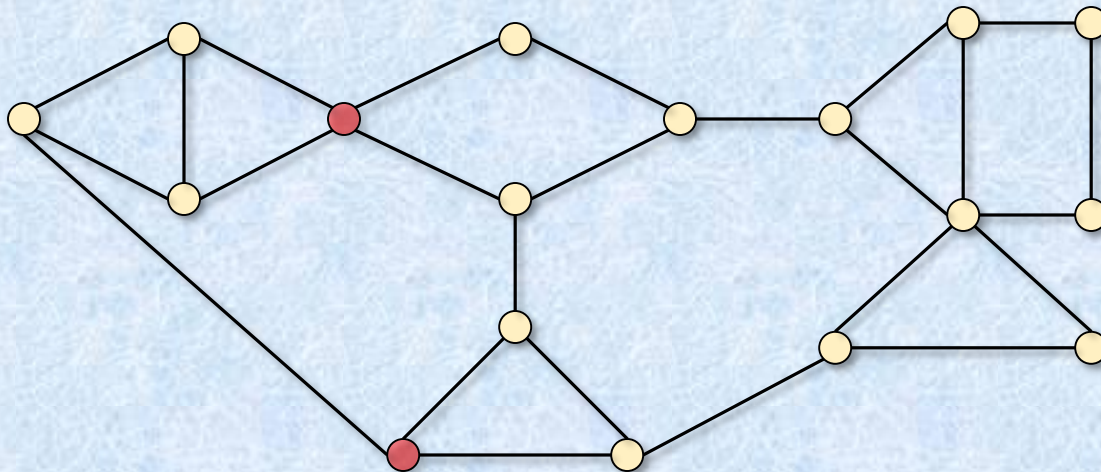
Συνεκτικότητα Γραφήματος

Συνεκτικό γράφημα $G = (V, E)$:

Για κάθε ζεύγος κορυφών $u, v \in V$, υπάρχει μονοπάτι που συνδέει τη u με τη v

Γράφημα με **k -συνεκτικότητα κορυφών** :

Παραμένει συνεκτικό μετά τη διαγραφή οποιουδήποτε συνόλου $S \subseteq V$ με το πολύ $k - 1$ κορυφές ($|S| \leq k - 1$)



$k = 2$

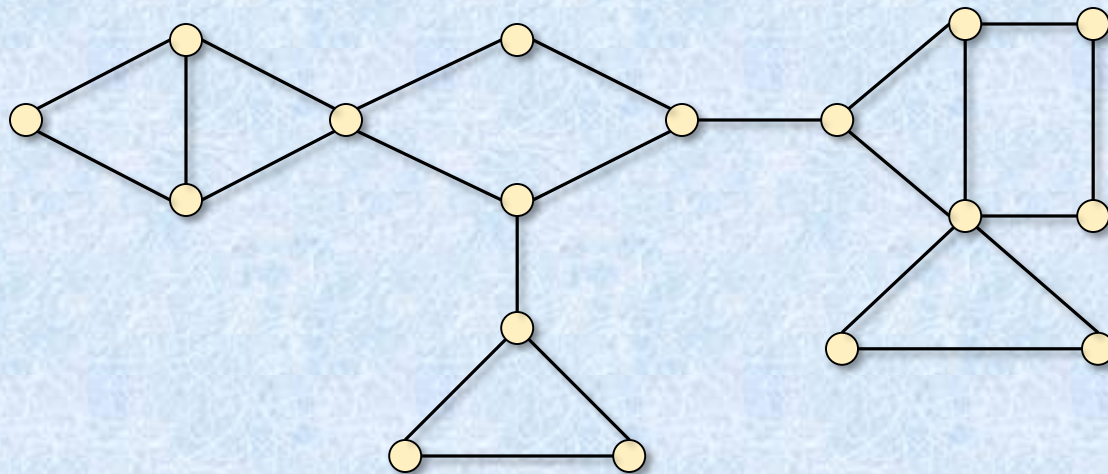
2-Συνεκτικότητα Ακμών

$G = (V, E)$: μη κατευθυνόμενο γράφημα με m ακμές και n κορυφές.

Μια ακμή $e \in E$ είναι **γέφυρα** αν η διαγραφή της αποσυνδέει το G (δηλαδή αυξάνει το πλήθος των συνεκτικών συνιστωσών του G).

Το γράφημα G έχει **2-συνεκτικότητα ακμών** αν δεν έχει καμία γέφυρα.

Οι **2-συνεκτικές συνιστώσες ως προς τις ακμές** του G είναι τα μεγιστοτικά υπογραφήματα του G που έχουν 2-συνεκτικότητα ακμών.



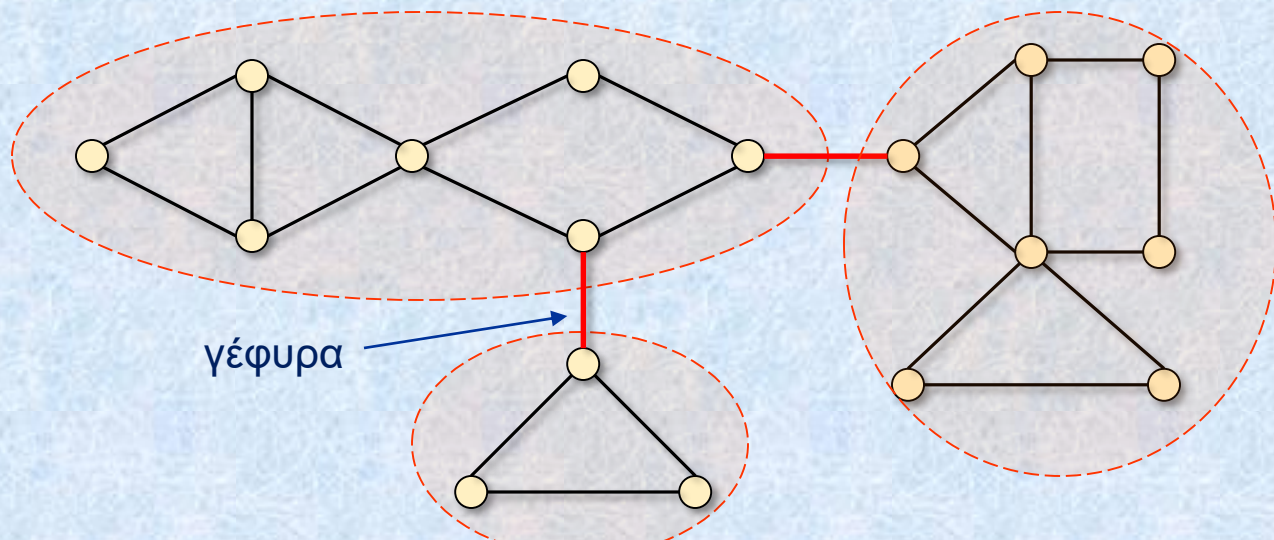
2-Συνεκτικότητα Ακμών

$G = (V, E)$: μη κατευθυνόμενο γράφημα με m ακμές και n κορυφές.

Μια ακμή $e \in E$ είναι **γέφυρα** αν η διαγραφή της αποσυνδέει το G (δηλαδή αυξάνει το πλήθος των συνεκτικών συνιστωσών του G).

Το γράφημα G έχει **2-συνεκτικότητα ακμών** αν δεν έχει καμία γέφυρα.

Οι **2-συνεκτικές συνιστώσες** ως προς τις ακμές του G είναι τα μεγιστοτικά υπογραφήματα του G που έχουν 2-συνεκτικότητα ακμών.

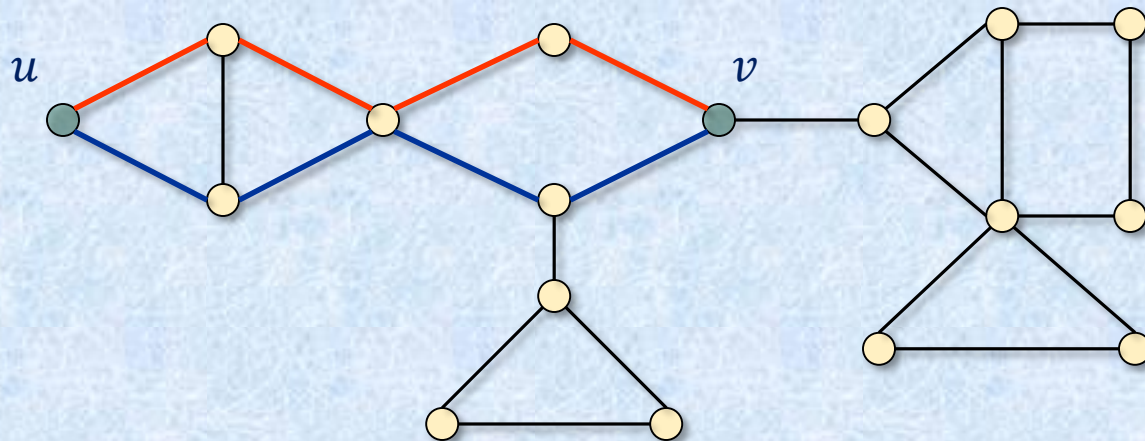


2-Συνεκτικότητα Ακμών

Δύο κορυφές u και v έχουν **2-συνεκτικότητα ακμών** αν υπάρχουν δύο μη τεμνόμενα μονοπάτια ως προς τις ακμές μεταξύ των u και v . (Δηλαδή τα δύο μονοπάτια δεν έχουν κάποια κοινή ακμή.)

Από το **Θεώρημα του Menger** συνεπάγεται ότι οι u και v έχουν 2-συνεκτικότητα ακμών αν και μόνο αν η διαγραφή οποιασδήποτε ακμής του G τις αφήνει στην ίδια συνεκτική συνιστώσα.

Ένα **2-συνεκτικό μπλοκ ως προς τις ακμές** του G είναι ένα μεγιστοτικό υποσύνολο κορυφών $B \subseteq V$ όπου κάθε ζεύγος $u, v \in B$ έχει **2-συνεκτικότητα ακμών**

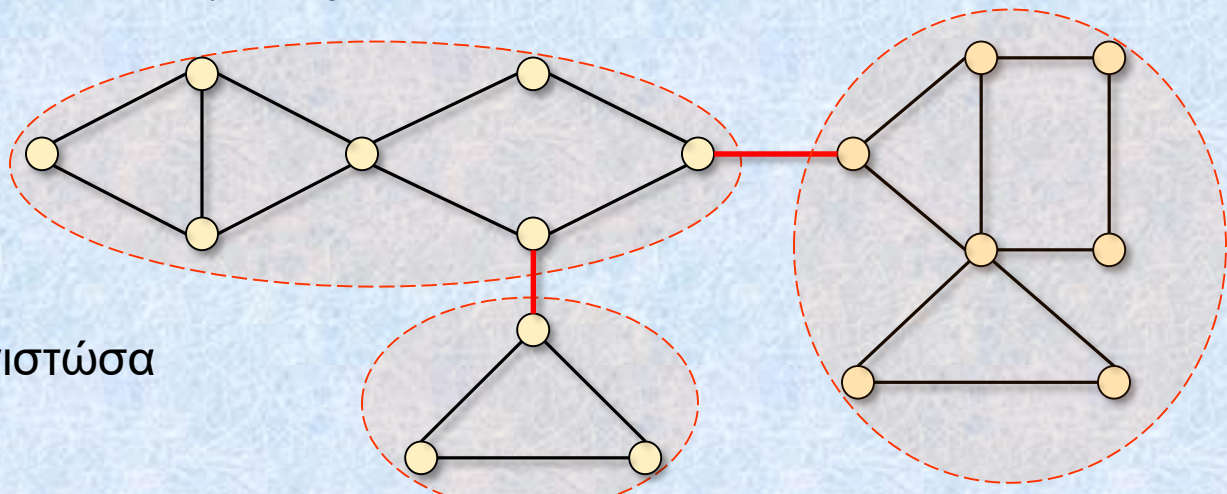


2-Συνεκτικότητα Ακμών

Δύο κορυφές u και v έχουν **2-συνεκτικότητα ακμών** αν υπάρχουν δύο μη τεμνόμενα μονοπάτια ως προς τις ακμές μεταξύ των u και v . (Δηλαδή τα δύο μονοπάτια δεν έχουν κάποια κοινή ακμή.)

Από το **Θεώρημα του Menger** συνεπάγεται ότι οι u και v έχουν 2-συνεκτικότητα ακμών αν και μόνο αν η διαγραφή οποιασδήποτε ακμής του G τις αφήνει στην ίδια συνεκτική συνιστώσα.

Ένα **2-συνεκτικό μπλοκ ως προς τις ακμές** του G είναι ένα μεγιστοτικό υποσύνολο κορυφών $B \subseteq V$ όπου κάθε ζεύγος $u, v \in B$ έχει **2-συνεκτικότητα ακμών**



μπλοκ = συνιστώσα

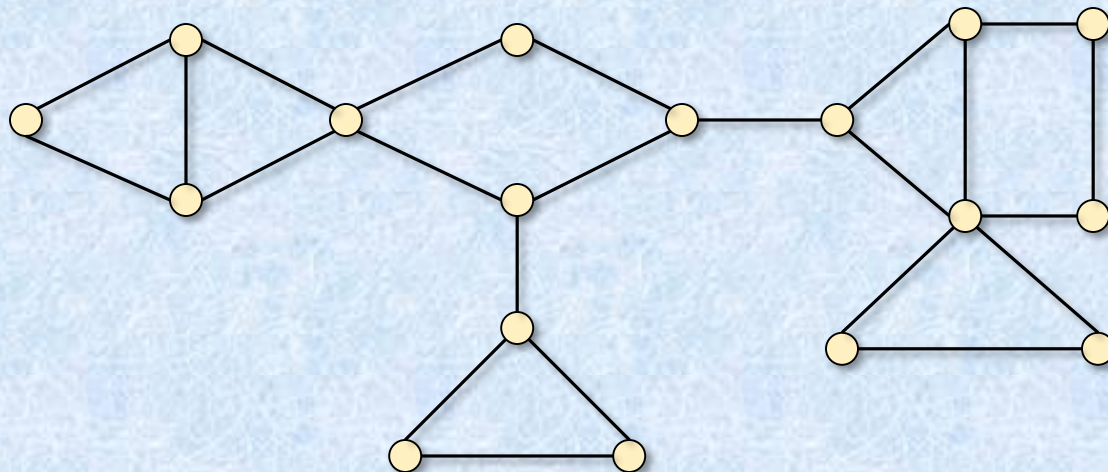
2-Συνεκτικότητα Κορυφών

$G = (V, E)$: μη κατευθυνόμενο γράφημα με m ακμές και n κορυφές.

Μια κορυφή $v \in E$ είναι **σημείο άρθρωσης** αν η διαγραφή της αποσυνδέει το G (δηλαδή αυξάνει το πλήθος των συνεκτικών συνιστωσών του G).

Το γράφημα G έχει **2-συνεκτικότητα κορυφών** αν δεν έχει κανένα σημείο άρθρωσης.

Οι **2-συνεκτικές συνιστώσες ως προς τις κορυφές** του G είναι τα μεγιστοτικά υπογραφήματα του G που έχουν 2-συνεκτικότητα κορυφών.



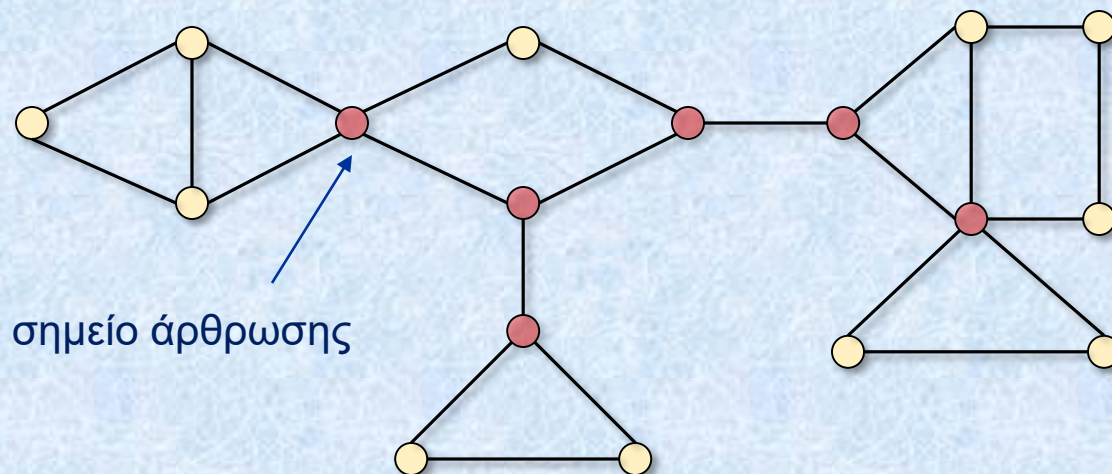
2-Συνεκτικότητα Κορυφών

$G = (V, E)$: μη κατευθυνόμενο γράφημα με m ακμές και n κορυφές.

Μια κορυφή $v \in E$ είναι **σημείο άρθρωσης** αν η διαγραφή της αποσυνδέει το G (δηλαδή αυξάνει το πλήθος των συνεκτικών συνιστωσών του G).

Το γράφημα G έχει **2-συνεκτικότητα κορυφών** αν δεν έχει κανένα σημείο άρθρωσης.

Οι **2-συνεκτικές συνιστώσες ως προς τις κορυφές** του G είναι τα μεγιστοτικά υπογραφήματα του G που έχουν 2-συνεκτικότητα κορυφών.



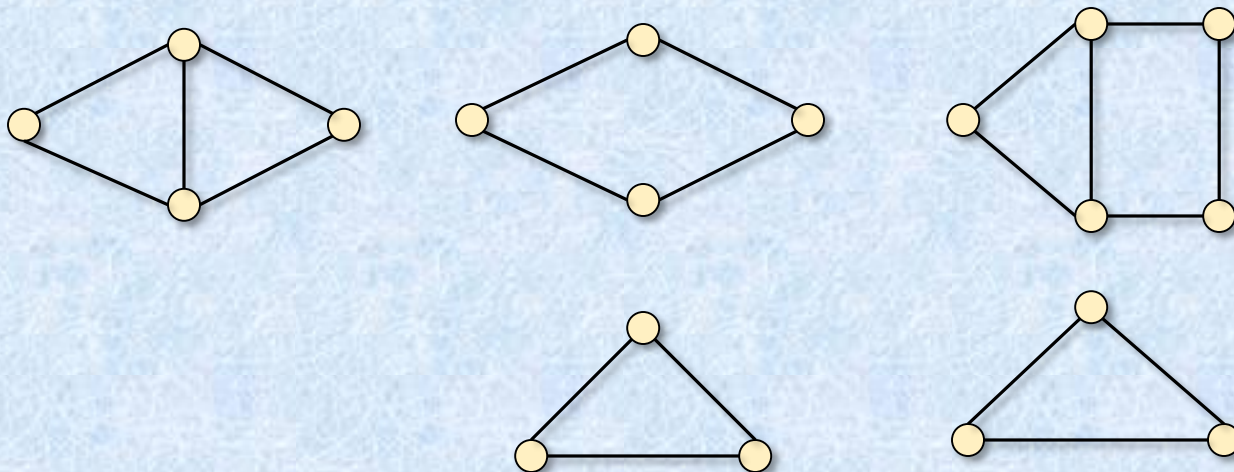
2-Συνεκτικότητα Κορυφών

$G = (V, E)$: μη κατευθυνόμενο γράφημα με m ακμές και n κορυφές.

Μια κορυφή $v \in E$ είναι **σημείο άρθρωσης** αν η διαγραφή της αποσυνδέει το G (δηλαδή αυξάνει το πλήθος των συνεκτικών συνιστωσών του G).

Το γράφημα G έχει **2-συνεκτικότητα κορυφών** αν δεν έχει κανένα σημείο άρθρωσης.

Οι **2-συνεκτικές συνιστώσες ως προς τις κορυφές** του G είναι τα μεγιστοτικά υπογραφήματα του G που έχουν 2-συνεκτικότητα κορυφών.

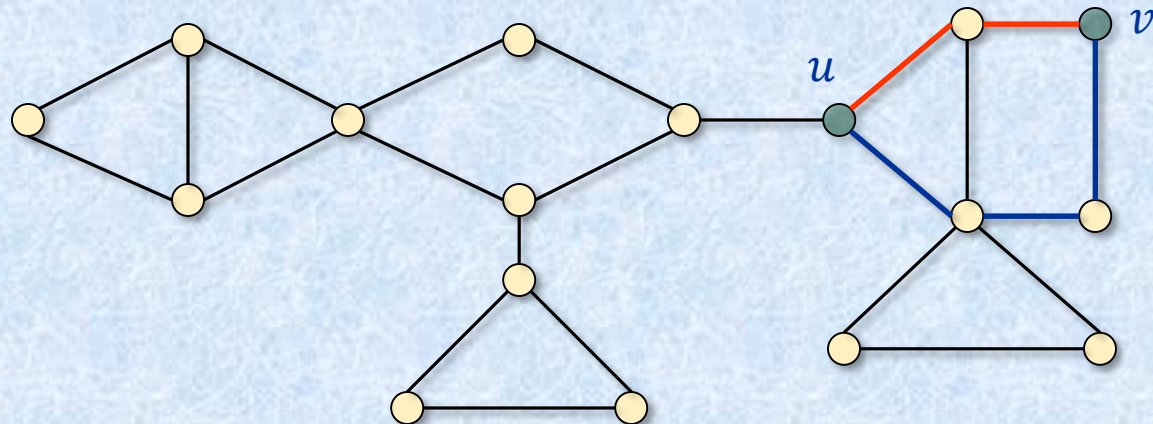


2-Συνεκτικότητα Κορυφών

Δύο κορυφές u και v έχουν **2-συνεκτικότητα κορυφών** αν υπάρχουν δύο εσωτερικά μη τεμνόμενα μονοπάτια ως προς τις κορυφές μεταξύ των u και v . (Δηλαδή τα δύο μονοπάτια δεν έχουν κάποια κοινή κορυφή εκτός των u και v .)

Από το **Θεώρημα του Menger** συνεπάγεται ότι οι u και v έχουν 2-συνεκτικότητα κορυφών μόνο αν η διαγραφή οποιασδήποτε κορυφής του G (διαφορετικής από τη u και τη v) τις αφήνει στην ίδια συνεκτική συνιστώσα.

Ένα **2-συνεκτικό μπλοκ ως προς τις κορυφές** του G είναι ένα μεγιστοτικό υποσύνολο κορυφών $B \subseteq V$ όπου κάθε ζεύγος $u, v \in B$ έχει **2-συνεκτικότητα κορυφών**

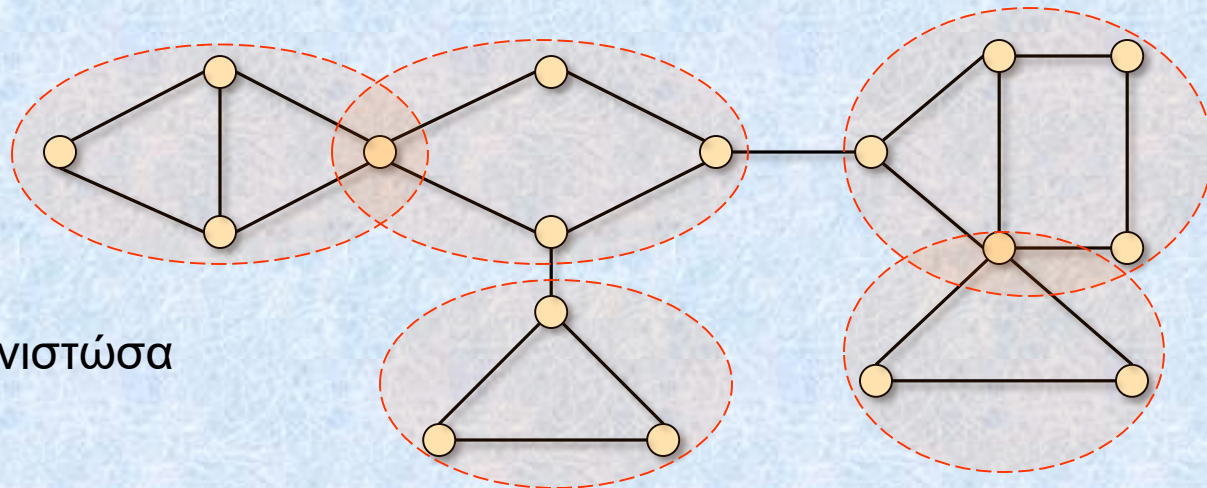


2-Συνεκτικότητα Κορυφών

Δύο κορυφές u και v έχουν **2-συνεκτικότητα κορυφών** αν υπάρχουν δύο εσωτερικά μη τεμνόμενα μονοπάτια ως προς τις κορυφές μεταξύ των u και v . (Δηλαδή τα δύο μονοπάτια δεν έχουν κάποια κοινή κορυφή εκτός των u και v .)

Από το **Θεώρημα του Menger** συνεπάγεται ότι οι u και v έχουν 2-συνεκτικότητα κορυφών μόνο αν η διαγραφή οποιασδήποτε κορυφής του G (διαφορετικής από τη u και τη v) τις αφήνει στην ίδια συνεκτική συνιστώσα.

Ένα **2-συνεκτικό μπλοκ ως προς τις κορυφές** του G είναι ένα μεγιστοτικό υποσύνολο κορυφών $B \subseteq V$ όπου κάθε ζεύγος $u, v \in B$ έχει **2-συνεκτικότητα κορυφών**



μπλοκ = συνιστώσα

2-Συνεκτικότητα

$G = (V, E)$: μη κατευθυνόμενο γράφημα με m ακμές και n κορυφές.

Μπορούμε να υπολογίσουμε σε $O(m + n)$ χρόνο όλα τα παρακάτω :

- Γέφυρες και σημεία άρθρωσης
- 2-συνεκτικές συνιστώσες ως προς τις ακμές
- 2-συνεκτικές συνιστώσες ως προς τις κορυφές

Οι παραπάνω υπολογισμοί μπορούν να γίνουν με τη βοήθεια της **καθοδικής διερεύνησης** γραφήματος (depth-first search).

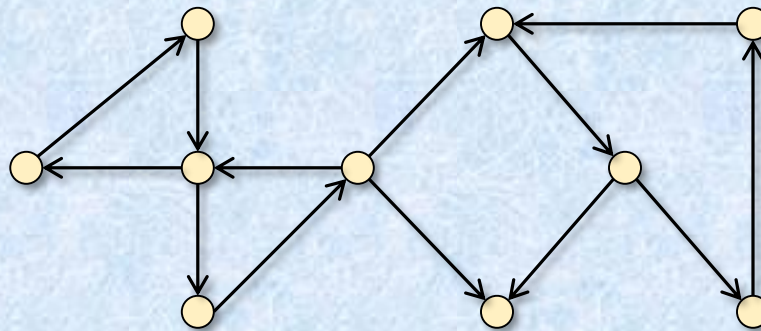
Στη συνέχεια θα εξετάσουμε τι γίνεται στα κατευθυνόμενα γραφήματα.

Συνεκτικότητα σε Κατευθυνόμενα Γραφήματα

$G = (V, E)$: **κατευθυνόμενο** γράφημα με m ακμές και n κορυφές.

Το G είναι **ισχυρά συνεκτικό** αν για κάθε ζεύγος κορυφών $u, v \in V$, υπάρχει κατευθυνόμενο μονοπάτι από τη u στη v και κατευθυνόμενο μονοπάτι από τη v στη u .

Οι **ισχυρά συνεκτικές συνιστώσες** του G είναι τα μεγιστοτικά υπογραφήματα του G που είναι ισχυρά συνεκτικά.

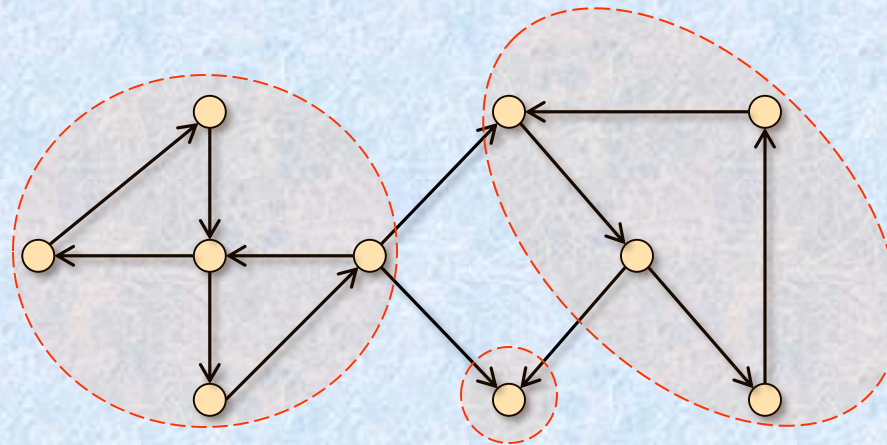


Συνεκτικότητα σε Κατευθυνόμενα Γραφήματα

$G = (V, E)$: **κατευθυνόμενο** γράφημα με m ακμές και n κορυφές.

Το G είναι **ισχυρά συνεκτικό** αν για κάθε ζεύγος κορυφών $u, v \in V$, υπάρχει κατευθυνόμενο μονοπάτι από τη u στη v και κατευθυνόμενο μονοπάτι από τη v στη u .

Οι **ισχυρά συνεκτικές συνιστώσες** του G είναι τα μεγιστοτικά υπογραφήματα του G που είναι ισχυρά συνεκτικά.



2-Συνεκτικότητα Ακμών σε Κατευθυνόμενα Γραφήματα

$G = (V, E)$: ισχυρά συνεκτικό κατευθυνόμενο γράφημα με m ακμές και n κορυφές.

Μία ακμή $e \in E$ είναι **ισχυρή γέφυρα** αν η διαγραφή της αποσυνδέει το G , αν δηλαδή το $G \setminus e$ δεν είναι ισχυρά συνεκτικό.

Το G έχει **2-συνεκτικότητα ακμών** αν δεν έχει ισχυρές γέφυρες.

Οι **2-συνεκτικές συνιστώσες ως προς τις ακμές** του G είναι τα μεγιστοτικά υπογرافήματα του G που έχουν 2-συνεκτικότητα ακμών.

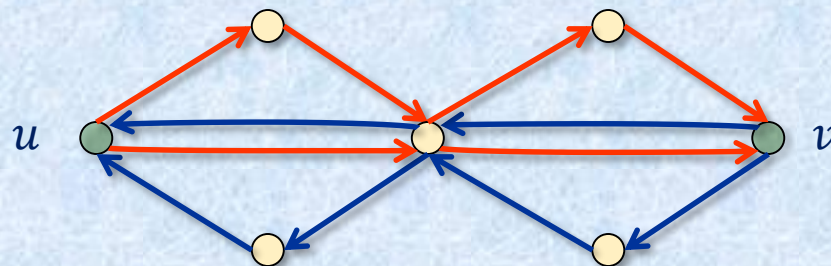
2-Συνεκτικότητα Ακμών σε Κατευθυνόμενα Γραφήματα

Δύο κορυφές u και v έχουν **2-συνεκτικότητα ακμών** αν υπάρχουν δύο μη τεμνόμενα μονοπάτια ως προς τις ακμές από τη u στη v και δύο μη τεμνόμενα μονοπάτια ως προς τις ακμές από τη v στη u .

Από το **Θεώρημα του Menger** συνεπάγεται ότι οι u και v έχουν 2-συνεκτικότητα ακμών αν και μόνο αν η διαγραφή οποιασδήποτε ακμής του G τις αφήνει στην ίδια ισχυρά συνεκτική συνιστώσα.

Ένα **2-συνεκτικό μπλοκ ως προς τις ακμές** του G είναι ένα μεγιστοτικό υποσύνολο κορυφών $B \subseteq V$ όπου κάθε ζεύγος $u, v \in B$ έχει **2-συνεκτικότητα ακμών**.

Στα κατευθυνόμενα γραφήματα μπλοκ \neq συνιστώσες!



2-Συνεκτικότητα Κορυφών σε Κατευθυνόμενα Γραφήματα

$G = (V, E)$: ισχυρά συνεκτικό κατευθυνόμενο γράφημα με m ακμές και n κορυφές.

Μία κορυφή $v \in V$ είναι ισχυρό σημείο άρθρωσης αν η διαγραφή της αποσυνδέει το G , αν δηλαδή το $G \setminus v$ δεν είναι ισχυρά συνεκτικό.

Το G έχει 2-συνεκτικότητα κορυφών αν δεν έχει ισχυρά σημεία άρθρωσης.

Οι 2-συνεκτικές συνιστώσες ως προς τις κορυφές του G είναι τα μεγιστοτικά υπογرافήματα του G που έχουν 2-συνεκτικότητα κορυφών.

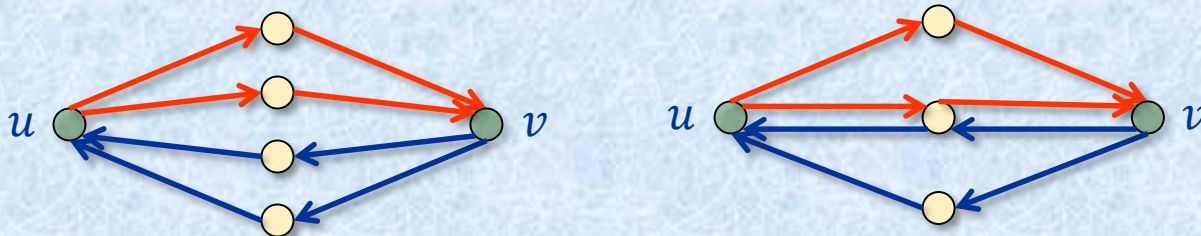
2-Συνεκτικότητα Κορυφών σε Κατευθυνόμενα Γραφήματα

Δύο κορυφές u και v έχουν **2-συνεκτικότητα κορυφών** αν υπάρχουν δύο εσωτερικά μη τεμνόμενα μονοπάτια ως προς τις κορυφές από τη u στη v και δύο εσωτερικά μη τεμνόμενα μονοπάτια ως προς τις κορυφές από τη v στη u .

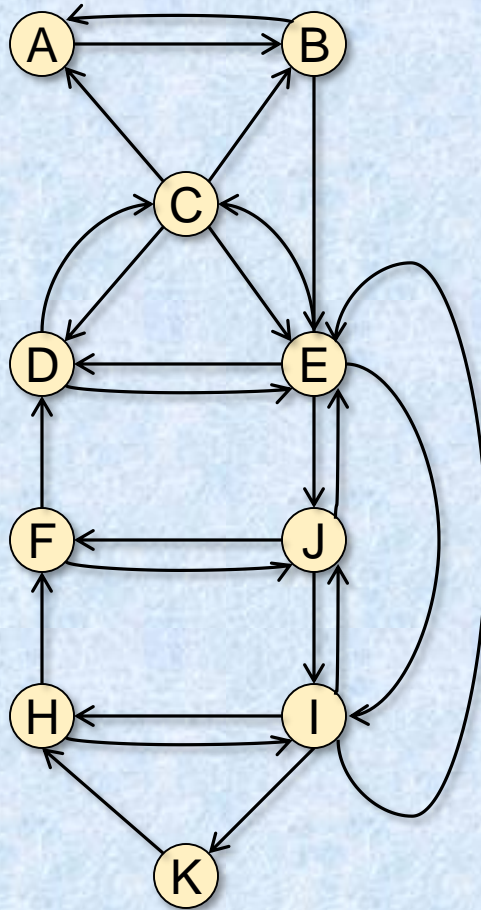
Από το **Θεώρημα του Menger** συνεπάγεται ότι οι u και v έχουν 2-συνεκτικότητα κορυφών μόνο αν η διαγραφή οποιασδήποτε κορυφής του G (διαφορετικής από τη u και τη v) τις αφήνει στην ίδια συνεκτική συνιστώσα.

Ένα **2-συνεκτικό μπλοκ ως προς τις κορυφές** του G είναι ένα μεγιστοτικό υποσύνολο κορυφών $B \subseteq V$ όπου κάθε ζεύγος $u, v \in B$ έχει **2-συνεκτικότητα κορυφών**.

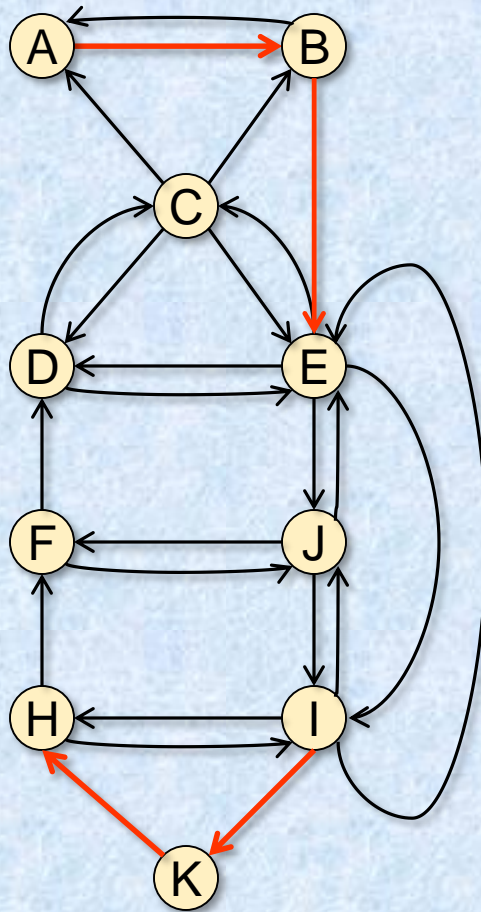
Στα κατευθυνόμενα γραφήματα μπλοκ \neq συνιστώσες!



2-Συνεκτικές Συνιστώσες ως προς τις Ακμές

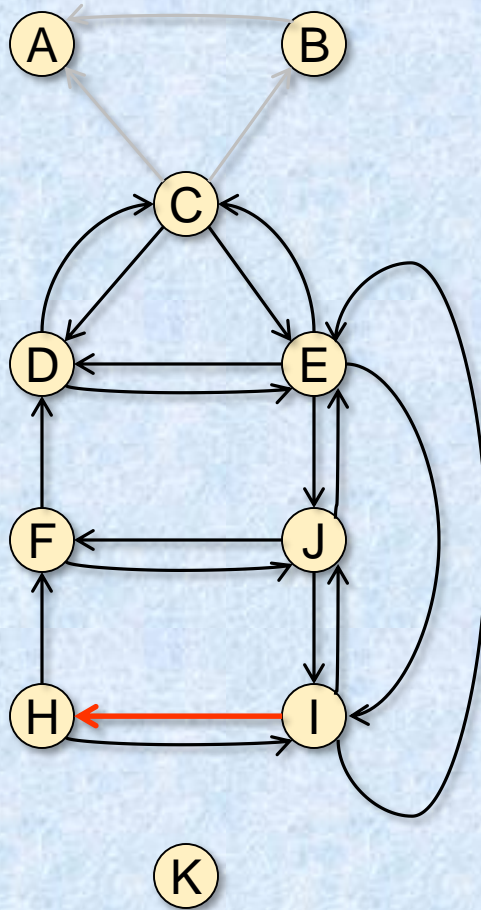


2-Συνεκτικές Συνιστώσες ως προς τις Ακμές



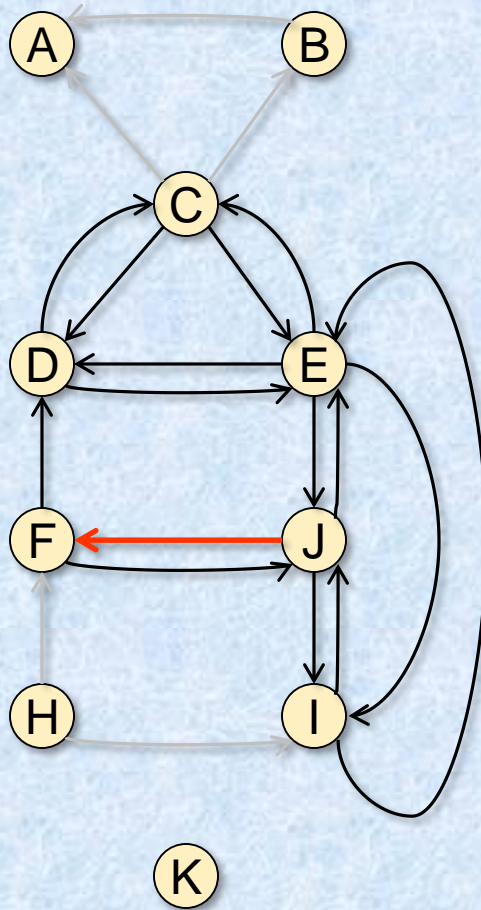
→
ισχυρή γέφυρα

2-Συνεκτικές Συνιστώσες ως προς τις Ακμές



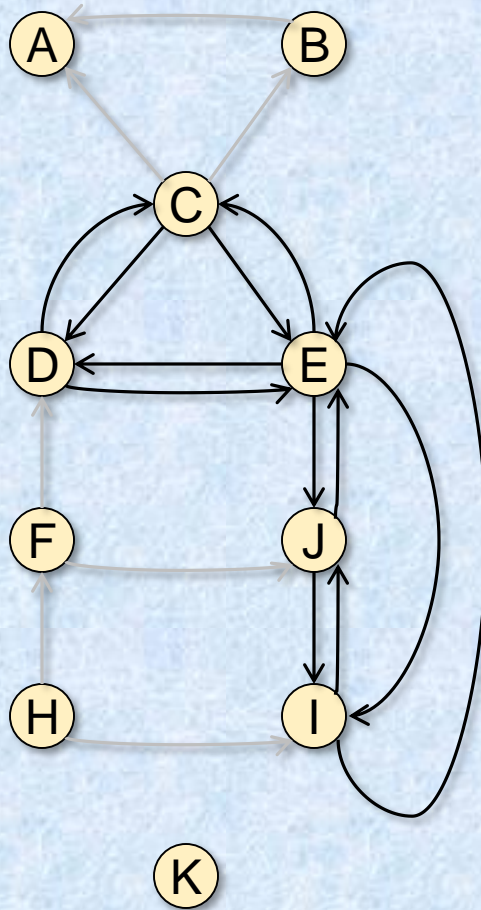
→
ισχυρή γέφυρα

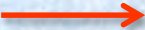
2-Συνεκτικές Συνιστώσες ως προς τις Ακμές



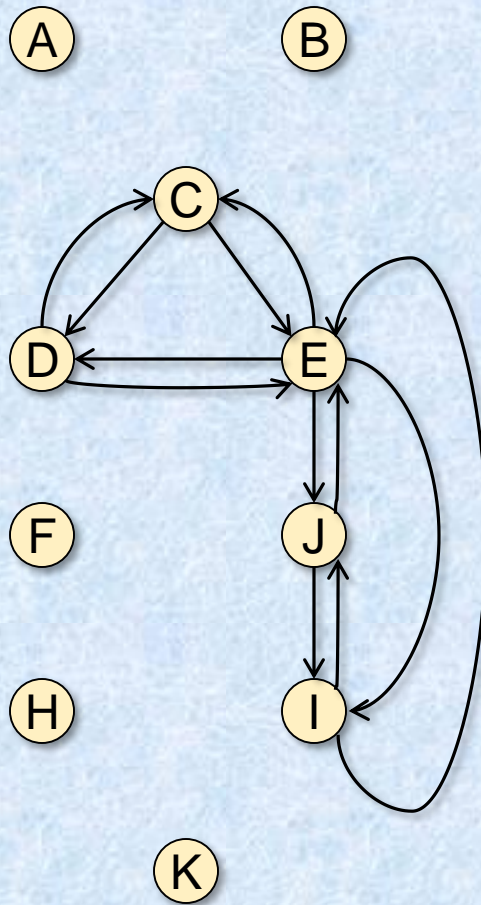
→
ισχυρή γέφυρα

2-Συνεκτικές Συνιστώσες ως προς τις Ακμές

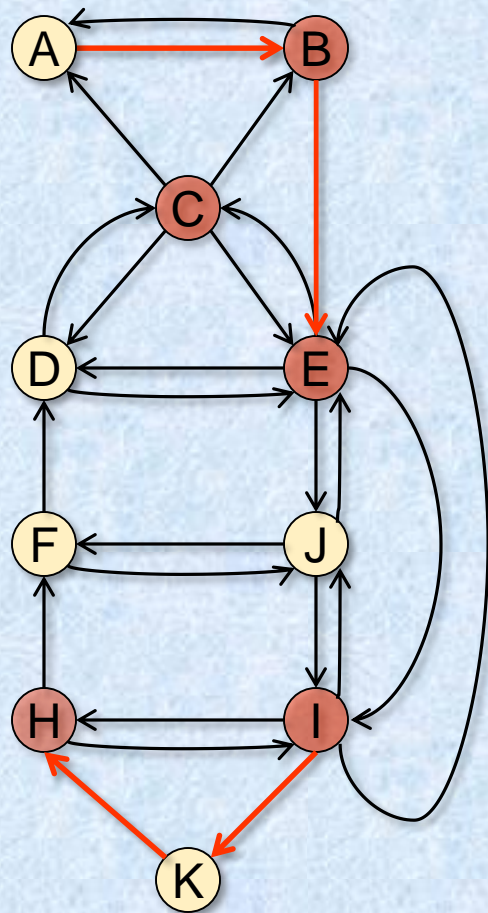


 ισχυρή γέφυρα

2-Edge-Connected Components



2-Συνεκτικές Συνιστώσες και Μπλοκ

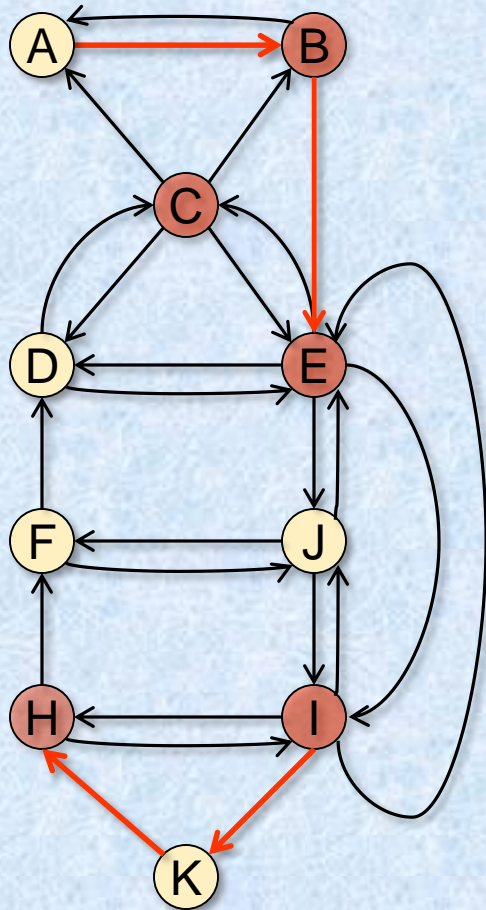


→
ισχυρή γέφυρα

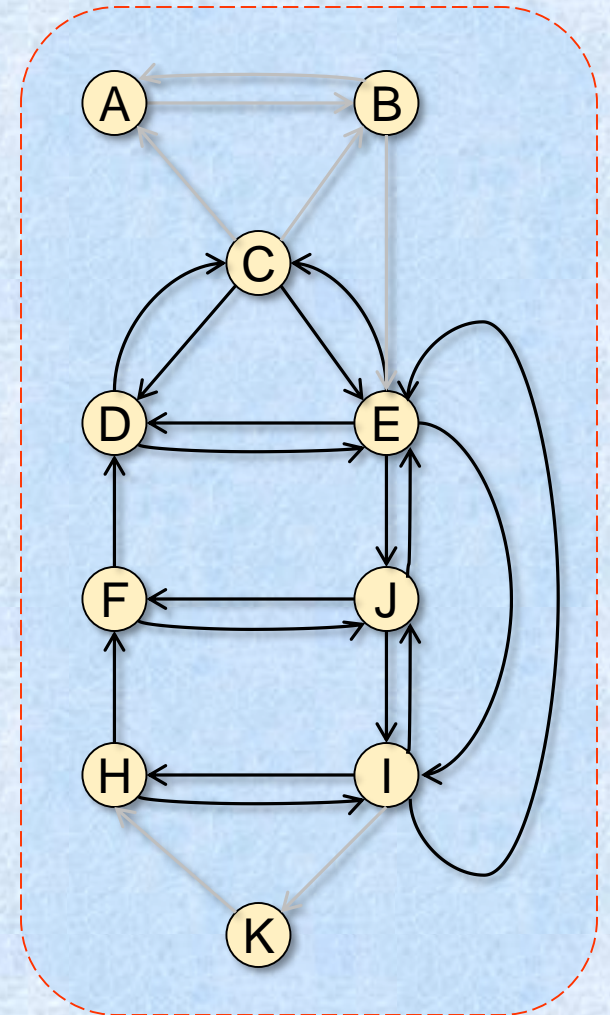
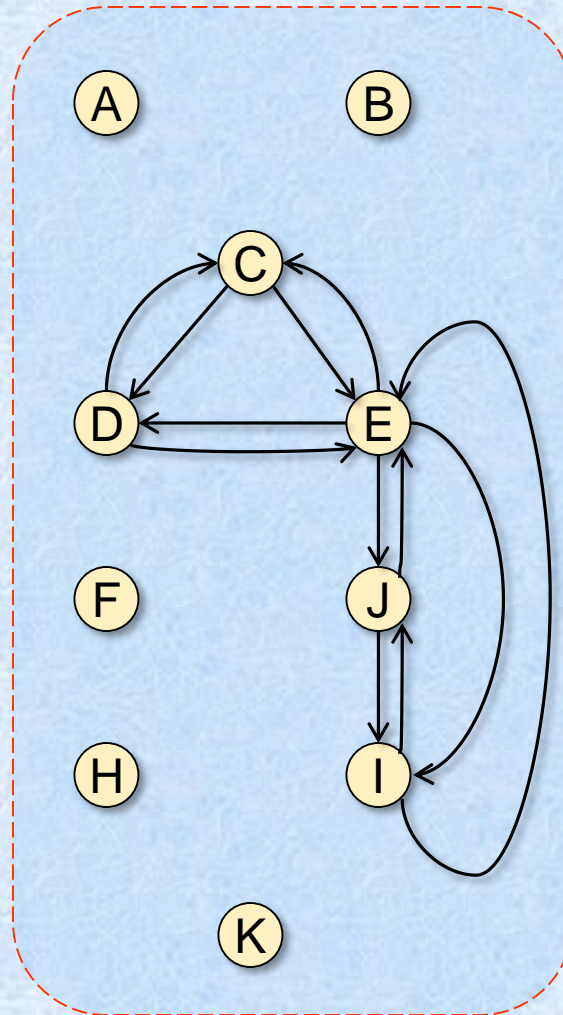
●
ισχυρό σημείο
άρθρωσης

2-Συνεκτικές Συνιστώσες και Μπλοκ

2-συνεκτικές συνιστώσες
ως προς τις ακμές



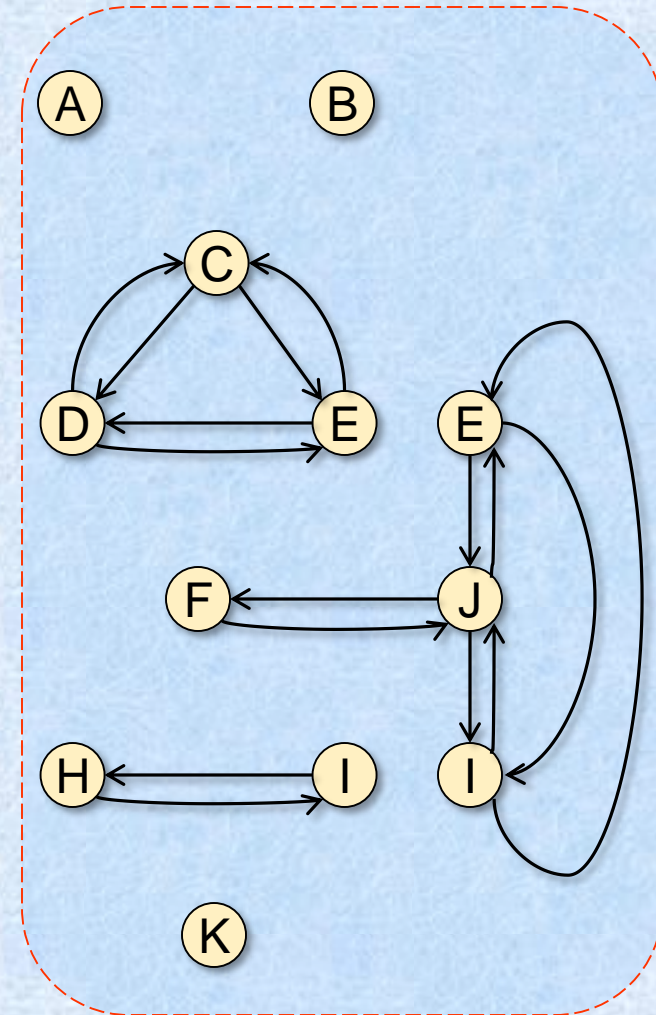
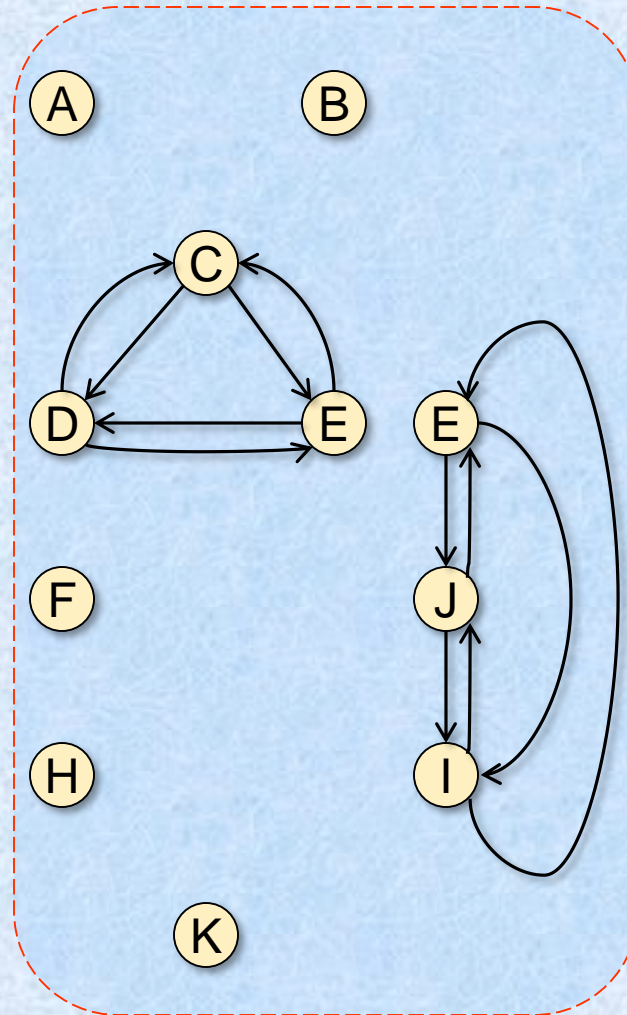
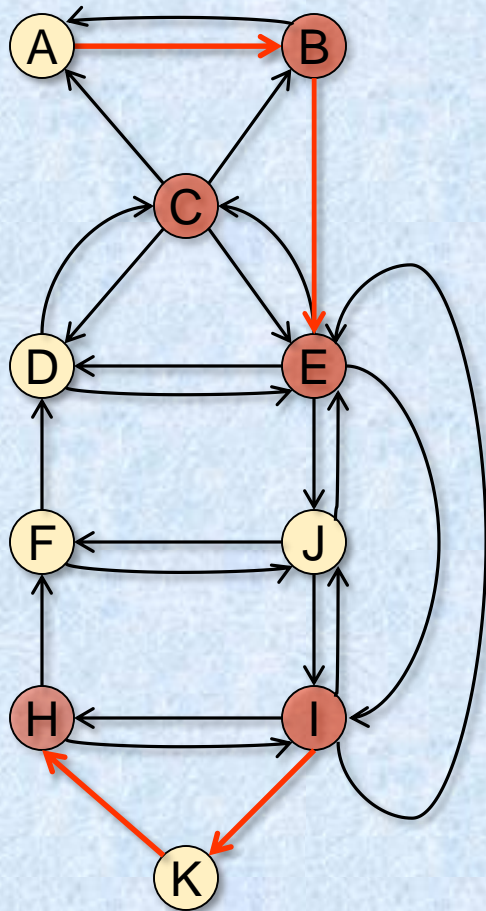
2-συνεκτικά μπλοκ ως
προς τις ακμές



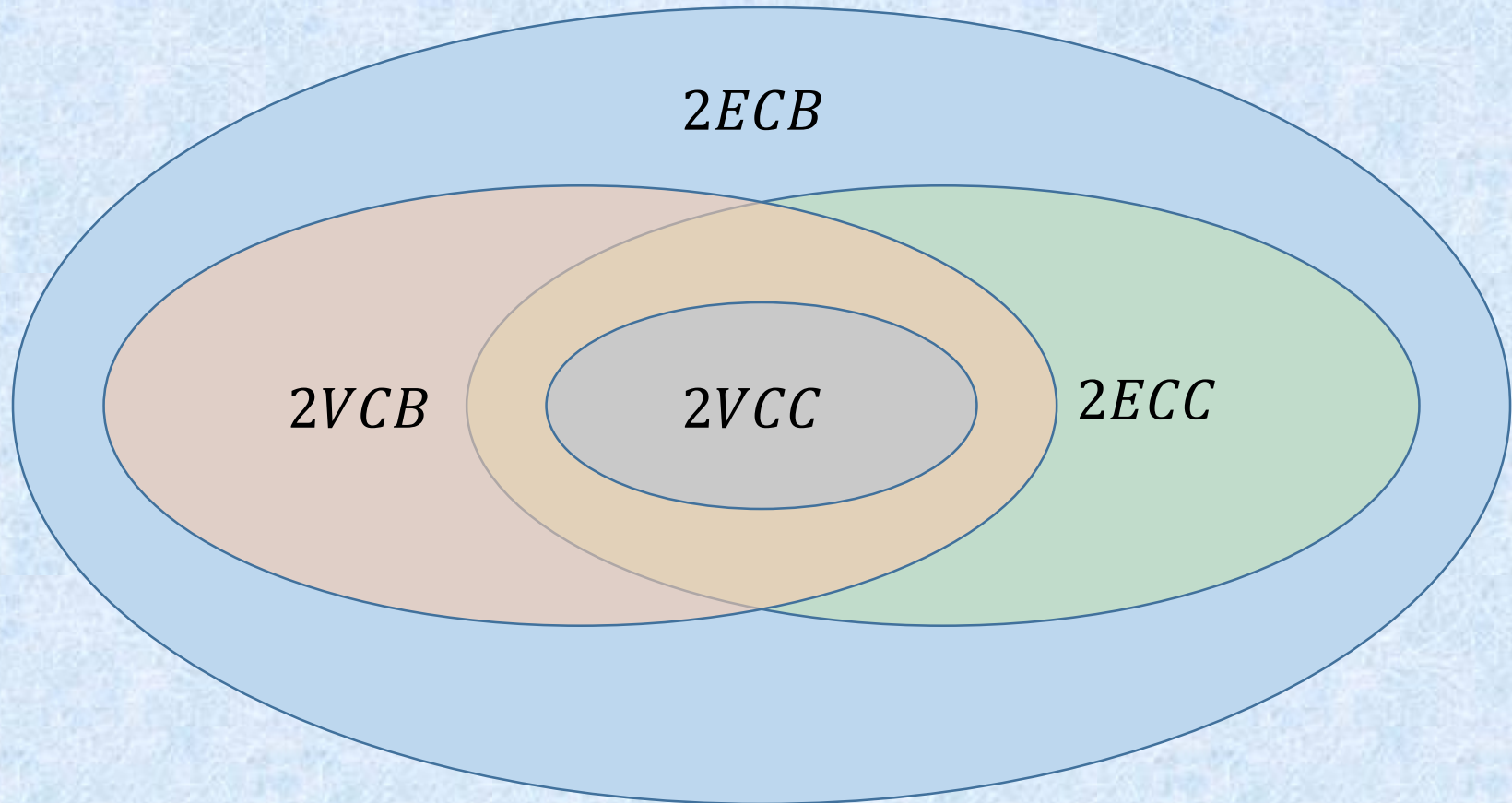
2-Συνεκτικές Συνιστώσες και Μπλοκ

2-συνεκτικές συνιστώσες
ως προς τις κορυφές

2-συνεκτικά μπλοκ
ως προς τις κορυφές



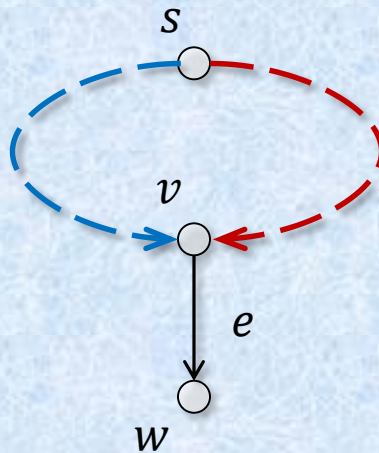
2-Συνεκτικές Συνιστώσες και Μπλοκ



Γραφήματα Ροής και Κυριαρχία

Γράφημα ροής $G(s) = (V, A, s)$: για κάθε κορυφή $w \in V$ υπάρχει μονοπάτι από την αφετηριακή κορυφή s προς τη w .

μια ακμή $e = (v, w)$ είναι **γέφυρα** του $G(s)$ αν κάθε μονοπάτι από την s προς τη w περιλαμβάνει την e

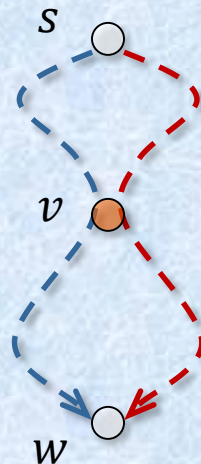


Ιδιότητα : Έστω s μια αυθαίρετη κορυφή ενός ισχυρά συνεκτικού γραφήματος G . Επίσης, έστω G^R το γράφημα που προκύπτει από το G με αντιστροφή της φοράς όλων των ακμών. Τότε κάθε ισχυρή γέφυρα του G είναι γέφυρα του $G(s)$ ή γέφυρα του $G^R(s)$ (ή και των δύο).

Γραφήματα Ροής και Κυριαρχία

Γράφημα ροής $G(s) = (V, A, s)$: για κάθε κορυφή $w \in V$ υπάρχει μονοπάτι από την αφετηριακή κορυφή s προς τη w .

για μια κορυφή v **κυριαρχεί** πάνω σε μια κορυφή w αν κάθε μονοπάτι από την s προς τη w περιλαμβάνει τη v



$dom(w)$ = σύνολο κορυφών που κυριαρχούν πάνω στη w

$d(w)$ = άμεσος κυρίαρχος της w

όλες οι κορυφές στο $dom(w) \setminus \{w\}$ κυριαρχούν πάνω στη $d(w)$

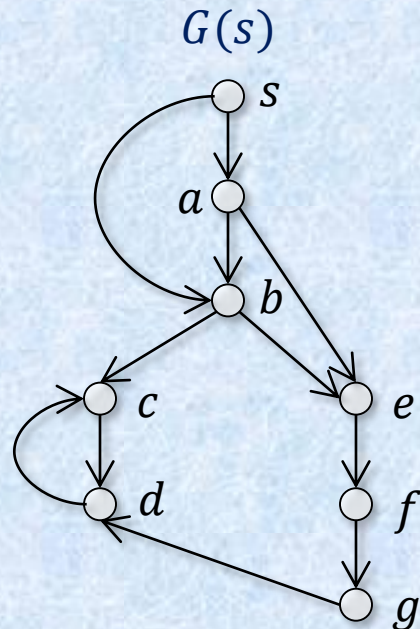
Τετριμμένοι κυρίαρχοι της w : $s, w \in dom(w)$

Γραφήματα Ροής και Κυριαρχία

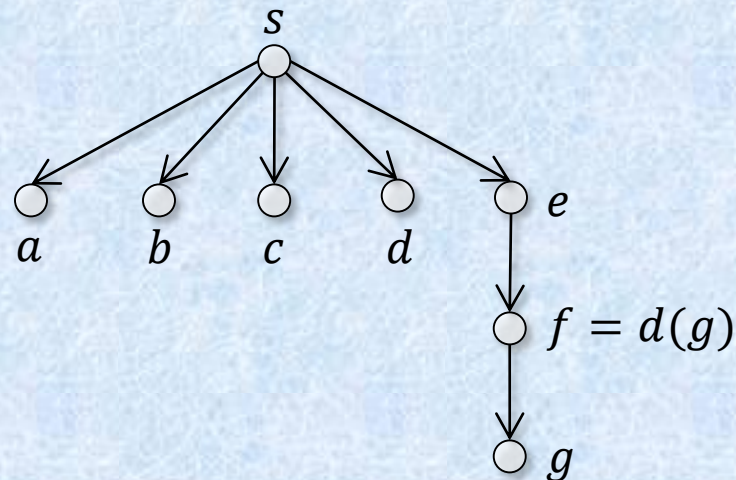
Γράφημα ροής $G(s) = (V, A, s)$: για κάθε κορυφή $w \in V$ υπάρχει μονοπάτι από την αφετηριακή κορυφή s προς τη w .

μια κορυφή v **κυριαρχεί** πάνω σε μια κορυφή w αν κάθε μονοπάτι από την s προς τη w περιλαμβάνει τη v

Η παραπάνω σχέση είναι ανακλαστική, μεταβατική και αντισυμμετρική και μπορεί να αναπαρασταθεί με ένα δένδρο $D(s)$ με ρίζα την κορυφή s



$D(s)$ = δένδρο κυριαρχίας του $G(s)$



Γραφήματα Ροής και Κυριαρχία

Γράφημα ροής $G(s) = (V, A, s)$: για κάθε κορυφή $w \in V$ υπάρχει μονοπάτι από την αφετηριακή κορυφή s προς τη w .

μια κορυφή v **κυριαρχεί** πάνω σε μια κορυφή w αν κάθε μονοπάτι από την s προς τη w περιλαμβάνει τη v

Η παραπάνω σχέση είναι ανακλαστική, μεταβατική και αντισυμμετρική και μπορεί να αναπαρασταθεί με ένα δένδρο $D(s)$ με ρίζα την κορυφή s

$dom(w)$ = σύνολο κορυφών που κυριαρχούν πάνω στη w

Ισχύει $v \in dom(w)$ αν και μόνο αν ο v είναι πρόγονος του w στο $D(s)$.

$d(w)$ = άμεσος κυρίαρχος της w = γονέας του w στο $D(s)$
όλες οι κορυφές στο $dom(w) \setminus \{w\}$ κυριαρχούν πάνω στη $d(w)$

Γραφήματα Ροής και Κυριαρχία

Γράφημα ροής $G(s) = (V, A, s)$: για κάθε κορυφή $w \in V$ υπάρχει μονοπάτι από την αφετηριακή κορυφή s προς τη w .

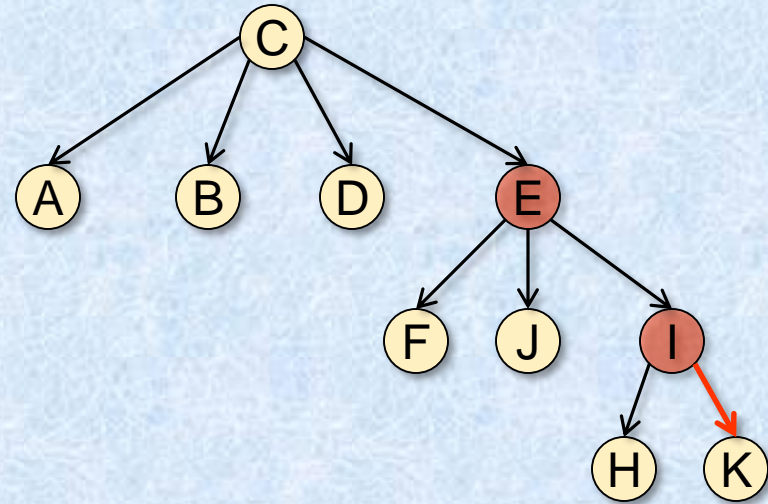
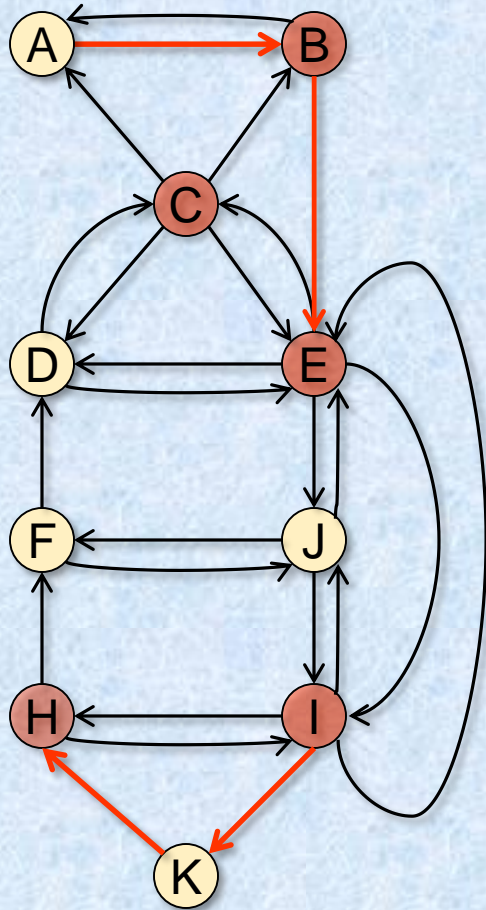
μια κορυφή v **κυριαρχεί** πάνω σε μια κορυφή w αν κάθε μονοπάτι από την s προς τη w περιλαμβάνει τη v

Ιδιότητα : Έστω s μια αυθαίρετη κορυφή ενός ισχυρά συνεκτικού γραφήματος G . Επίσης, έστω G^R το γράφημα που προκύπτει από το G με αντιστροφή της φοράς όλων των ακμών. Μια κορυφή $v \neq s$ είναι ισχυρό σημείο άρθρωσης του G αν και μόνο αν η v κυριαρχεί πάνω σε μια κορυφή $w \neq v$ στο $G(s)$ ή στο $G^R(s)$ (ή και στα δύο).

Ιδιότητα : Κάθε ισχυρή γέφυρα του G εμφανίζεται ως ακμή του $D(s)$ ή του $D^R(s)$ (ή και των δύο), όπου $D^R(s)$ το δένδρο κυριαρχίας του $G^R(s)$.

Γραφήματα Ροής και Κυριαρχία

$D(C)$ = δένδρο κυριαρχίας του $G(C)$



$D^R(C)$ = δένδρο κυριαρχίας του $G^R(C)$

