

## Subiectul 1 (3 puncte)

Se dă un graf neorientat cu  $n > 3$  vârfuri și  $m$  muchii și un vârf  $s$ .

a) Adăugați la  $G$  un număr minim de muchii astfel încât să devină conex. Construiți în memorie și afișați pe ecran listele de adiacență ale grafului astfel obținut. **Complexitate  $O(n+m)$**

b) Determinați excentricitatea  $\text{ecc}(s)$  a vârfului  $s$  în noul graf  $G_1$  obținut la a):

$$\text{ecc}(s) = \max(d(s,v) \mid v \text{ vârf în } G_1)$$

unde  $d(s,v)$  este distanța de la  $s$  la  $v$ .

**Complexitate  $O(n+m)$**

Informațiile despre graf se citesc din fișierul *graf.in* cu structura:

- pe prima linie sunt  $n$  și  $m$
- pe următoarele  $m$  linii sunt câte 2 numere naturale reprezentând extremitățile unei muchii
- pe ultima linie este vârful  $s$

<i>graf.in</i>	<i>iesire pe ecran (soluția nu este unică)</i>
6 4	a)
1 3	1 2
1 5	2 6
3 5	b)
2 4	3
6	Explicații: $d(6,1)=2$ , $d(6,2)=1$ , $d(6,3)=3$ , $d(6,4)=2$ , $d(6,5)=3$ , deci $\text{ecc}(6)=3$

## Subiectul 2 (3 puncte)

Se citesc informații despre un graf **orientat** ponderat **fără circuite**  $G$  din fișierul `graf.in`.  
Fișierul are următoarea structură:

- pe prima linie sunt două numere reprezentând numărul de vârfuri  $n$  ( $n > 4$ ) și numărul de arce  $m$  ale grafului,  $m > n$
- pe următoarele  $m$  linii sunt câte 3 numere pozitive reprezentând extremitatea inițială, extremitatea finală și costul unui arc din graf
- pe următoarea linie (a  $(m+2)$ -a linie) din fișier sunt un număr natural  $k$  ( $0 < k < n$ ) și un șir de  $k$  vârfuri reprezentând vârfurile sursă ale grafului  $s_1, \dots, s_k$
- pe ultima linie a fișierului sunt două vârfuri  $t_1$  și  $t_2$ , reprezentând vârfurile destinație ale grafului (distincte de vârfurile sursă de pe linia anterioară).

Notăm cu  $S = \{s_1, \dots, s_k\}$  mulțimea vârfurilor sursă din  $G$  și cu  $T = \{t_1, t_2\}$  mulțimea vârfurilor destinație din  $G$ . Spunem că un vârf  $y$  este accesibil din  $x$  în  $G$  dacă există un drum de la  $x$  la  $y$ .

- Să se verifice dacă graful dat este fără circuite și să se afișeze un mesaj corespunzător.
- Să se determine un drum de cost maxim care începe cu un vârf din  $S$  și se termină cu un vârf din  $T$ . Dacă nu există un astfel de drum se va afișa un mesaj corespunzător: niciun vârf destinație nu este accesibil dintr-un vârf sursă.

**Complexitate  $O(m)$**

Exemplu

graf.in	Iesire pe ecran
6 8 1 2 3 1 6 10 6 2 2 2 4 1 4 3 1 5 3 4 1 5 5 2 3 7 2 1 3 2 5	drum maxim 1 6 2



$S = \{1, 3\}$   
 $T = \{2, 5\}$

### Subiectul 3 (3 puncte)

Propuneți un algoritm bazat pe algoritmul Ford-Fulkerson / Edmonds Karp pentru rezolvarea următoarei probleme.

Fișierul graf.in conține următoarele informații despre un graf **bipartit** conex cu  $V_1 = \{1, \dots, p\}$  și  $V_2 = \{p+1, \dots, n\}$ :

- pe prima linie sunt 2 numere naturale  $n$  și  $m$  reprezentând numărul de vârfuri și numărul de muchii
- pe a doua linie este  $p$
- pe următoarele  $m$  linii sunt perechi de numere  $x$   $y$  (separate prin spațiu) reprezentând extremitățile unei muchii,  $x \in V_1$  și  $y \in V_2$ .

Scrieți un program care citește datele despre graful  $G$  din fișierul graf.in și afișează:

a) Un cuplaj de cardinal  $k$  în  $G$ , cu  $k$  citit de la tastatură. Dacă nu există un astfel de cuplaj se va afișa mesajul “nu exista” **Complexitate  $O(km)$**

b) Muchiile unui 2-factor în  $G$ , dacă există (2-factor = graf parțial în care toate vârfurile au gradul 2) **Complexitate  $O(nm)$**

graf.in	Iesire pe ecran (soluția nu este unică)
8 10	a)
4	pentru $k=2$
1 5	1 5
1 6	2 6
1 7	b) un 2-factor:
2 5	1 5
2 6	1 6
3 5	2 5
3 7	2 6
3 8	3 7
4 7	3 8
4 8	4 7
	4 8

