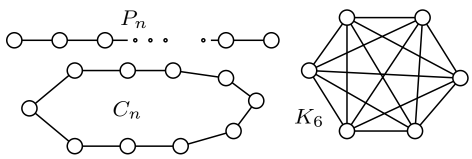
A számítástudomány alapjai 2014. I. félév

2. gyakorlat. Összeállította: Fleiner Tamás (fleiner@cs.bme.hu)

Tudnivalók

Def: $G = (V, E)$ *egyszerű gráf*, ha (1) $V \neq \emptyset$ és (2) $E \subseteq \binom{V}{2} := \{\{u, v\} : u, v \in V, u \neq v\}$
G gráf esetén $V(G)$ jelöli G *csúcsainak (pontjainak)*, $E(G)$ pedig G *éleinek* halmazát, azaz $G = (V(G), E(G))$. A G egyszerű gráf *véges*, ha V véges halmaz.
Def: A G gráf egy *diagramja* egy olyan lerajzolása, melyben a csúcsoknak (síkbeli) pontok felelnek meg, éleknek pedig a két végpontot összekötő önmagukat nem metsző görbék.
Def: Az $e = \{u, v\}$ élt röviden $e = uv$-vel jelöljük; u és v az e él *végpontjai.* u és v *szomszédos*, ha $uv \in E$. e és f *párhuzamos élek*, ha végpontjaik azonosak.
Hurokél az olyan él, melynek végpontjai azonosak.
A $G = (V, E)$ pár *gráf*, ha $V \neq \emptyset$, E élhalmaz V-n, és párhuzamos és hurokél is megengedett.
Def: A G gráf v csúcsának $d(v)$ *foka* a v végpontú élek száma (hurokél kétszer számít):
$d(v) := |\{e \in E : v \text{ végpontja } e\text{-nek}\}| + |\{e \in E : e \text{ hurokél és } v\text{-n}\}|$
Áll.: Ha G véges gráf, akkor fokszámainak összege $2|E(G)|$.
K_n az n-pontú *teljes gráf*: bármely két pontja össze van kötve.



Def: P_n az *n-pontú út*, C_n az *n-pontú kör* (ld. az ábrán)
Def: A G egyszerű gráf *komplementere* a $\overline{G} := (V(G), \binom{V}{2} \setminus E(G))$ gráf. (Két pont pontosan akkor szomszédos, ha G-ben nem szomszédos.)
Def: A G gráf *sétája* olyan $(v_1, e_1, v_2, e_2, \ldots, v_k)$ sorozat, melyre $e_i \in E(G)$ és $e_i = v_i v_{i+1}$ $(\forall i)$. A *körséta* olyan séta, melynek kiinduló és végpontja azonos: $v_1 = v_k$.
Def: Az *út* (ill. *kör*) olyan (kör)séta, aminek csúcsai (a végpontok azonosságától eltekintve) különbözők. Egyszerű gráfban az út (kör) azonosítható a hozzá tartozó pont- vagy élsorozattal.
Állítás: A G gráfban pontosan akkor létezik u és v között séta, ha létezik u és v között út.
Def: A G gráf *összefüggő (öf)*, ha bármely két pontja között vezet séta.
Def: $K \subseteq V(G)$ a G gráf komponense, ha bármely $u, v \in K$ között létezik G-séta, de nem létezik $u - v$ séta ha $u \in K$, $v \in V(G) \setminus K$. **Köv.:** Minden gráf egyértelműen komponensekre bontható.
Def: A G gráf *fa*, ha G véges, összefüggő, körmentes és egyszerű.
Állítás: Ha az F fának n csúcsa van, akkor éleinek száma $|E(F)| = n - 1$.
Állítás: A véges, egyszerű G gráf pontosan akkor fa, ha az alábbiak közül legalább 2 teljesül: (1) G összefüggő (2) G körmentes (3) G-nek eggyel kevesebb éle van, mint ahány pontja.
Def: Ha $G = (V, E)$ egy gráf és $k : E \to \mathbb{R}_+$ az éleken értelmezett költségfüggvény, akkor G tetszőleges G' részgráfjának *költsége* a $E(G')$ élhalmazbeli élek költségeinek összege.
Kruskal algoritmus: Input: $G = (V, E)$ összefüggő gráf és $k : E \to \mathbb{R}_+$ költségfüggvény. Output: $F = F_m$ a G egy minimális költségű feszítőfája.
Legyen $E = \{e_1, e_2, \ldots, e_m\}$, és $k(e_1) \leq k(e_2) \leq \ldots \leq k(e_m)$. Legyen $F_0 = \emptyset$, és

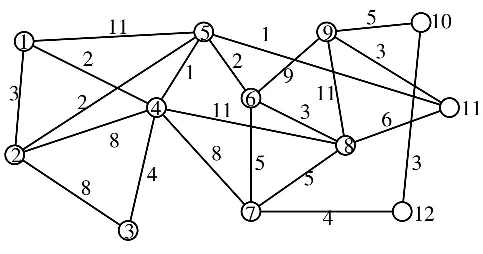
$$F_{i+1} := \begin{cases} F_i \cup \{e_i\} & \text{ha } F_i \cup \{e_i\} \text{ körmentes} \\ F_i & \text{ha } F_i \cup \{e_i\} \text{ tartalmaz kört.} \end{cases}$$

Tétel: A Kruskal algoritmus által kiszámított $F = F_m$ élhalmaz a G egy min ktgű feszítőfája.

Gyakorlatok

1. Az előre megszámozott (címkézett) n darab pont közé hányféleképp húzhatunk be éleket úgy, hogy egyszerű gráfhoz jussunk? (ZH '00)
2. Határozzuk meg az összes olyan véges, egyszerű G gráfot, aminek nincs két azonos fokú csúcsa.
3. Mutassuk meg, hogy ha G véges gráf, akkor páratlan fokú pontjainak száma páros. Ha G nem véges, akkor ez nem igaz.
4. Van-e olyan egyszerű gráf, aminek a fokszámai a.) $1, 2, 2, 3, 3, 3$ ill. b.) $1, 1, 2, 2, 3, 4, 4$?

5. Rajzoljuk le azt a gráfot, melynek pontjai a 4 hosszú nullákból és egyesekből álló sorozatok és két csúcs akkor van éllel összekötve, ha egyik a másikból egy „forgatással” megkapható, azaz ha az egyik a (b_1, b_2, b_3, b_4) akkor a másik a (b_2, b_3, b_4, b_1) sorozathoz tartozó pont. (ZH ’00)
6. Mutassuk meg, hogy ha egy G gráfnak 11 csúcsa és 45 éle van, akkor G-nek van olyan csúcsa, ami legalább 9-edfokú.
7. Hány olyan, páronként nem izomorf, 6 pontú, összefüggő, egyszerű gráf létezik, melyben két másodfokú és négy harmadfokú pont van? (ZH ’00)
8. Ha G egyszerű gráf, akkor élei irányíthatók úgy, hogy ne jöjjön létre irányított kör.
9. A G egyszerű gráfnak e olyan éle, aminek elhagyásával fát kapunk. Mutassuk meg, hogy G-nek még legalább két másik éle is rendelkezik ezzel a tulajdonsággal.
10. Ha T_1 és T_2 két fa ugyanazon a véges ponthalmazon, és e_1 a T_1 tetszőleges éle, akkor létezik T_2-nek egy e_2 éle, hogy $T_1 - e_1 + e_2$ és $T_2 - e_2 + e_1$ is fa.
11. Legyenek e, f és g a G egyszerű, összefüggő gráf különböző élei. Tegyük fel, hogy a G gráf összefüggő marad, bármely élét is hagyjuk el, ám a $G - e - f$ és a $G - e - g$ gráfok egyike sem összefüggő. Igazoljuk, hogy ekkor a $G - f - g$ gráf sem összefüggő.
12. Hogy néz ki az a lehető legkevesebb csúcsot tartalmazó egyszerű gráf, amelyben a legrövidebb kör hossza pontosan 4 és minden pont harmadfokú? (ZH ’98)
13. Mutassunk a komplementerével izomorf, 5- ill. 6-pontú gráfot!
14. Egy fának 8 csúcsa van, fokszámai pedig kétfélék. Mi lehet ez a két szám? (V ’99)
15. Hány pontja van annak a T fának, melyre $|E(\overline{T})| = 15 \cdot |E(T)|$? (V ’00)
16. A G egyszerű gráfnak $2k$ pontja van, minden pontjának foka legalább $k-1$, és G-nek létezik egy legalább k-adfokú pontja. Bizonyítsuk be, hogy G összefüggő. (V ’02)
17. Ketten a következő játékot játsszák. Adott n pont, kezdetben semelyik kettő nincs összekötve. A játékosok felváltva lépnek, minden lépésben a soron következő játékos az n pont közül két tetszőlegesen választott közé behúz egy élet. Az veszít, aki kört hoz létre. A kezdő vagy a másodiknak lépő játékos nyer, ha mindketten a lehető legjobban játszanak? (V ’00)
18. Egy $n \times n$ méretű T táblázatnak nincs két egyforma sora. Bizonyítsuk be, hogy T-nek van olyan oszlopa, amit törölve a maradék táblázatban sem lesz két egyforma sor.
19. Hány olyan fa adható meg n címkézett ponton, melyben a pontpárok távolságai közül a legnagyobb hárommal egyenlő? (Két pont távolságán a köztük levő legrövidebb úton található élek számát értjük.) (V ’99)
20. A $V = \{1, 2, \ldots, 2n\}$ (számozott) pontokon hány olyan egyszerű G gráf adható meg, melynek $2n-2$ éle van és két egyforma méretű összefüggő komponensből áll? (V ’00)
21. Keressünk az alábbi gráfban minimális költségű feszítőfát! Hány minimális költségű feszítőfája van a gráfnak?



22. Milyen k pozitív egészekre adható meg olyan 2000 élű és 2000 csúcsú összefüggő gráf, amire igaz a következő: G-ben a 2000 él közül adható egynek 2 egységnyi, 1999-nek 1 egységnyi súly úgy, hogy a G-ből kiválasztható különböző minimális súlyú feszítőfák száma éppen k legyen? (A feszítőfák megkülönböztetésekor a gráf csúcsait címkézettnek tekintjük.)(V ’99)