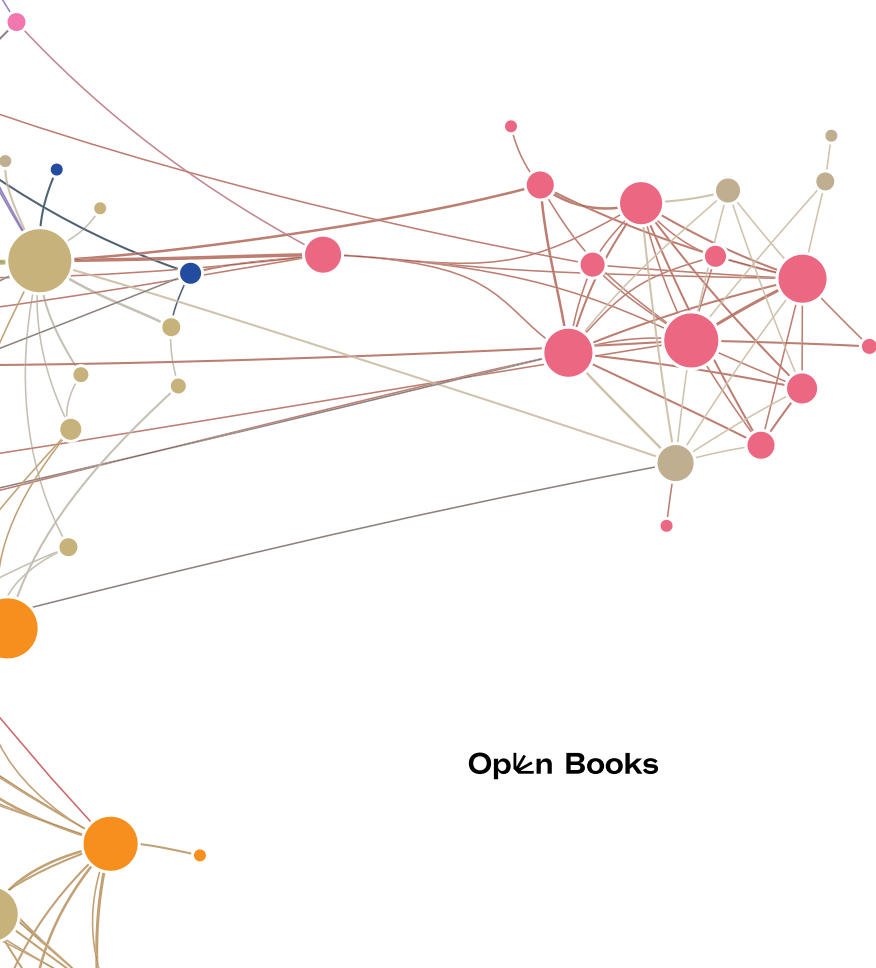


Barabási Albert-László

A hálózatok tudománya

Szimulációk és adatfeldolgozás
Pósfai Márton



Open Books

X.1. TANÍTSUNK HÁLÓZATTUDOMÁNYT!

A hálózatok által kínált nézőpont nélkülözhetetlen azoknak, akik szeretnék megérteni napjaink összekapcsolt világát. Úgy gondolom, hogy ez a könyv a legjobb eszköz arra, hogy ezeket a szempontokat megoszthassam, és hogy kinek-kinek legyen módja egy kicsit hálózattudóssá válni. A témák és a bemutatóanyagok kiválasztásakor sokszor az vezetett, hogy kvantitatívan, mégis könnyen érthetően mutassam be a témát. Próbáltam emellett azt is átadni, hogy a hálózatok milyen betekintést adnak a bennünket körülvevő sokféle komplex rendszerbe. Mivel ezek a célok gyakran ellentmondanak egymásnak, ezért a technikai fejlődést összekapcsoltam a fontos felfedezések gyökerét és alkalmazásait bemutató történeti jegyzetekkel és szövegdobozokkal.

Ezzel az előszóval két célom van. Egyrészt szeretném bemutatni a könyv alapjául szolgáló egyetemi kurzust, és gyakorlati ötleteket adni vele a tankönyv minél hatékonyabb használatához. De éppily fontos, hogy sokaknak szeretnék köszönetet mondani a tankönyv létrejöttéért.

ONLINE KIVONAT

A hálózattudomány rengeteg anyagot és ismeretet kínál, és ezek legegyszerűbben az interneten érhetők el. Ezért a fejezetekben sok helyen **online forrásokkal** találkozhatunk: ezek az adott témára vonatkozó online anyagokra mutatnak – videókra, szoftverekre, interaktív eszközökre, adatgyűjteményekre és adatforrásokra. Ezek a kiegészítések elérhetők a <http://barabasi.com/NetworkScienceBook> weboldalon.

Azon a weboldalon a hálózattudomány tanítása során használt PowerPoint-fóliák is megtalálhatók. Bárki, aki a hálózatokat tanítja, szabadon használhatja és módosíthatja ezeket a fóliákat a legjobb tanítási eredmények elérésére. Nincsen szükség a szerzők engedélyére ezeknek a fóliáknak az oktatási célú felhasználásához.

Mivel a hálózattudomány mérésekből született, ezért a könyv nagy figyelmet fordít a valóságos hálózatok elemzésére. E célból összegyűjtöttünk tíz olyan hálózattérképet, amelyet a szakirodalom gyakran használ a különböző hálózati jellemzők tesztelésére. Azért választottuk ezeket, hogy bemutassák a hálózattudományban vizsgált – társadalmi, biológiai, technológiai és információs rendszereket leíró – hálózatok sokszínűségét. Az Online Kivonat hozzáférést enged azokhoz az adathalmazokhoz, amelyeket a könyvben a hálózattudomány eszközeinek szemléltetésére használunk.

Végül azoknak, akik más nyelven tanítanak a könyvből, a weboldal hivatkozik a folyamatban lévő fordítási projektekre.



x.1. online forrás

barabasi.com/NetworkScienceBook

A weboldal online hozzáférést ad a tankönyvhöz, a videókhoz, a szoftverekhez és a fejezetek online forrásaiban említett interaktív eszközökhöz, azután azokhoz a fóliákhoz, amelyeket a tanításban használók, valamint a könyvben elemzett adatsorokhoz.

WIKIFELADAT

1. Válassz egy, a hálózattudománnyal kapcsolatos kulcszót, és ellenőrizd, hogy van-e már róla szócikk a Wikipédián! A „kapcsolatos” itt tágra veendő. Választhatsz szak kifejezést (a foksámeloszlást például), egy hálózatokhoz kapcsolódó kifejezést (terroristahálózatok), a hálózatok egy alkalmazását (pénzügyi hálózatok); írhat egy hálózat-kutatóról is, vagy bármi másról, amit eléggé meggyőzően hozzá tudsz kötni a hálózatokhoz.
2. Nem fontos, hogy eredeti alkotást hozz létre. A cél az, hogy a témában megtalálj 2-5 forrást (kutatási cikket, könyvet stb.), és írd róluk egy tömör, egységes, enciklopédia jellegű összefoglalót hivatkozásokkal, grafikonokkal, táblázatokkal, képekkel, fényképekkel – mindennel tehát, ami az anyag tárgyalásához szükséges! Nézd át a Wikipédia szerzői és elsőbbségi jogi előírásait!
3. Töltsd fel az oldaladat a Wikipédiára, és küldd el nekünk a rá mutató hivatkozást! Fel kell jelentkezned majd a Wikipédiára, mert névtelen (anonim) szerzők nem írhatnak új oldalakat. Ellenőrizd, hogy a Wikipédia karbantartói nem törlik-e le az oldalt! Ilyesmi akkor történik, ha a fogalom nincsen kellően megalapozva, nincsenek megfelelő hivatkozásai, vagy a leírása nem enciklopédia-stílusban készült.
4. Érdemjegyed alapja az lesz, hogy mennyire érthető, találó, egységes és pontos az általad írt oldal.

1. ábra

Útmutató a wikifeladathoz

A HÁLÓZATTUDOMÁNY OKTATÁSA

Két különböző módon tanítottam eddig a hálózattudományt. Az első egy teljes féléves kurzus, doktoranduszoknak és fiatalabb, de szintén tapasztalt fizikus, számítástudományi és mérnökhallgatóknak. A másik egy háromhetes kétkredites óra, közgazdaságtani és szociológiai képzettségű hallgatóknak. A könyv mindkét tanítási tapasztalatra épít: a teljes féléves kurzussal végigmegyek az egész könyvön, a kiegészítés haladóknak szakaszokba foglalt bizonyításokkal és levezetésekkel együtt. A rövidebb kurzusban csak a főbb fejezetekről beszélek, a haladóknak szóló kiegészítéseket kihagyom, és nem veszem a foksám-korrelációval foglalkozó fejezetet sem.

Mindkét esetben központi szerep jut az önállóan megoldandó feladatoknak és a következőkben bemutatott kutatási projektnek.

Házi feladatok

A hosszabb kurzusban a fejezetvégi feladatok egy részét kiadjuk házi feladatként, és ezzel ellenőrizzük a hallgatók módszertani és problémamegoldó képességét. A kurzus idején kétszer adunk házi feladatot a teljes anyagból.

Wikifeladat

Megkérünk minden diákot, hogy válasszon ki egy, a hálózattudományhoz kapcsolódó fogalmat vagy kifejezést, és írjon róla egy Wikipédia-oldalt (**1. ábra**). Ez azért nehéz feladat, mert kikötjük, hogy a téma még nem lehet fenn a Wikipédián, másfelől eléggé fontosnak is kell lennie ahhoz, hogy érdemes legyen írni róla. A wikifeladat könnyen érthető és enciklopédikus formában tesztelte a hallgatók szintetizáló és kivonatolási képességét, és a feladatot elvégző hallgatók jó eséllyel a Wikipédia rendszeres szerzőivé váltak. Ez a feladat egyszersmind gyarapítja a Wikipédia hálózattudománnyal foglalkozó oldalait is, és ezzel a teljes közösséget szolgálja. Akik más nyelven tanítják a hálózattudományt, megtehetik, hogy a saját nyelvükön írnak a Wikipédiára.

Az ismeretségi hálózat elemzése

Hálózatelemzési bemelegítésként megkérjük a diákokat, hogy elemezzék a kurzus résztvevőinek szociális hálózatát. Mindehhez kell egy kis előkészítés és egy tanársegéd közreműködése. Az első órán (az „óra” itt egyetemi előadásként értendő) az oktató kiosztja a hallgatók névsorát, és mindenkit megkér, hogy ellenőrizze, rajta van-e a listán, s ha nem volna rajta, akkor írja hozzá a nevét. A tanársegéd fogja a végső listát, és még az óra alatt minden diáknak kinyomtatja a pontos listát. Az óra végén megkérjük a diákokat, hogy jelöljék be azokat, akiket már az órára érkezés előtt ismertek.

Hogy könnyebb legyen összekapcsolni az arcokat és neveket, mindenkit megkérünk, hogy röviden mutakozzon be – így az oktató is többet megtud a kurzus hallgatóiról. Ezekből a listákból végül összeállt az osztály ismeretségi hálója, és a csomópontokhoz hozzá lehetett adni a nemet és annak a képzési programnak a nevét, amelyben a szóban forgó hallgató részt vesz. Ennek a hálózatnak az anonimizált (nevek nélküli) változatát újra felhasználtuk a félév közepén tartott órán; akkor azzal a feladattal, hogy a hallgatók a hálózattudományból addig megismert eszközökkel elemezzék ennek a hálózatnak a tulajdonságait. Ezáltal megvizsgálhatnak és megérthetnek egy olyan, viszonylag kicsi hálózatot, amelyben maguk is benne vannak, és értik a felépítését. A feladat segíti a felkészülést a félév végi kutatási projektben elvégzendő sokkal nagyobb elemzésre is. Ezt a házi feladatot a szoftverekről szóló gyakorlati óra után kapják meg a diákok; az időre már ismerik a hálózatelemzéshez az interneten elérhető eszközöket.

Kutatási projekt a félév végén

A félév végén kitűzött projekt a legtöbb sikerélménnyel járó rész a tananyagban: a hallgatóknak lehetőséget ad arra, hogy összekapcsolják és felhasználják minden addig megszerzett ismeretüket. Megkérjük a diákokat, hogy válasszanak egy nekik érdekes hálózatot, majd térképezzék fel, és elemezzék. Néhány adalék még tartalmasabbá teheti ezt a feladatot:

(a) A projektfeladatot párokban kell elvégezni. Ha az osztály összetétele megengedi, akkor megkérjük őket, hogy szakmailag heterogén párokat alkossanak: diploma előtt álló hallgatók már diplomás hallgatókkal dolgozzanak együtt, vagy tartozzanak különböző képzési programokhoz: például egy fizikushallgató működjön együtt egy biológussal. Ez arra kényszeríti a diákokat, hogy a saját tapasztalataiktól vagy a nekik megszokott munkamódszertől eltérve dolgozzanak együtt; ez az interdiszciplináris kutatásban igen gyakori. Nem az oktató állítja össze a párokat; ő csak bátorítja a diákokat, hogy ki-ki megtalálja a párját.

(b) Néhány héttel a kurzus megkezdése után kiválasztjuk az egyik órát, hogy azon a diákok tartsanak majd *előzetes projektelőadásokat*. Minden csoportot megkérünk, hogy tartson egy ötperces és legfeljebb öt fóliából álló előadást, s adjon betekintést az általa kiválasztott adathalmazba (**2. ábra**). Azt tanácsoljuk a diákoknak, hogy az adatokat maguk gyűjtsék – nem szabad egyszerűen csak letölteni egy, a hálózatos elemzésre már alkalmasra tett, kész hálózatot. A projektnek ugyanis az az egyik célja, hogy a diák megtapasztalja a hálózatok feltérképezésében szükséges választásokat és kompromisszumokat. A kézi feltérképezés is lehetséges, például egy recept hozzávalóinak kikeresése a szakácskönyvben, vagy a szereplők kölcsönhatásainak kikeresése egy novellában vagy egy régi szövegben. A diákokat biztatjuk a hálózatok digitális feltérképezésére, arra például, hogy egy nem hálózatos térképként mentett weboldalról vagy adathalmazból összeállítsák az adatokat; ehhez újra kell értelmezniük és meg kell tisztítaniuk ezeket az adatokat, hogy alkalmassá váljanak a hálózati elemzésre.

ELŐZETES PROJEKT

Tarts előadást 5 fóliával legfeljebb 5 percben:

- Mutasd be a hálózatodat; írd le a csúcsait és az éleite!
- Mondd el, hogyan fogod összegyűjteni az adatokat, és becsüld meg a hálózat méretét (N , L)! Ügyelj rá, hogy $N > 100$ legyen!
- Mondd el, hogy milyen kérdéseket gondolsz vizsgálni! Tisztában vagyunk vele, hogy ezek a kérdések a projekted és a kurzus előrehaladtával változhatnak.
- Mondd el, hogy miért fontos neked a hálózatod!

2. ábra

Útmutató a projektertervhez

VÉGLEGES PROJEKT

Minden csoport kap 10 percet félév végi projektjének előadásához. Az időkorlátot nagyon szigorúan vesszük. Az első főlíán szerepeljen a cím, az előadó hallgatók neve és szakja.

Ismertesd az adatokat és az adatgyűjtési módszert! Mutass meg egy részt az eredeti adatokból! Így ráérezhetünk arra, hogy miből indultál ki.

Mérd meg a következőket: N , L , és ha időben változó hálózatod van, akkor ennek a kettőnek az időbeli változását; azután a fókuszeloszlást, az átlagos úthosszt, a $C(k)$ klaszterezettségi együtthatót, és ha a hálózatodban vannak súlyok, akkor a $P(w)$ élsúlyeloszlást is! Ábrázold a csoportosulásokat; elemezd a következőkből azokat, amelyek a hálózatodra vonatkoznak: robusztusság, terjedés a hálózaton és fókusz-korrelációk.

Nem elég egyszerűen csak megmérni mindezeket. Mindig a következő kérdésekkel elemezd, milyen felismerésekre jutottál:

- Milyen eredményre számítottál?
- Melyik véletlenszerűsített hálózattal kell összehasonlítani az eredményeidet?
- Hasonlítsd össze tényleges eredményeidet azokkal, amelyekre számítottál!
- Mit tanultál a különféle mennyiségekből?

Értékelési szempontok:

- Hálózatos eszközök használata (teljesség, helyesség);
- A projekt készítője mennyire tud hálózatos eszközökkel információkat és felismeréseket találni az adatokban;
- A projekt és az előadás együttes minősége.

Nem kell beszámolót írni. Arra kérjük a hallgatókat, hogy egyszerűen csak küldjék el az előadásukat PDF-formátumban.

Például módszeresen kiválogathatók adatok a Wikipédiáról írók, tudósok vagy fogalmak közötti kapcsolatok azonosítására.

- (c) Fontos hangsúlyozni, hogy a félév végi projekt célja a diákok hálózatelemzési képességének ellenőrzése. Következésképpen a diákoknak az adatok hálózatos vonatkozásainak felderítésére kell figyelniük, és nem szabad hagyniuk, hogy az adatokban lévő más érdekfeszítő kérdések eltérítsék őket ettől a céltól.
- (d) A kurzus a félév végi projektek előadásával zárul. Az osztály méretétől függően egy vagy két előadást szentelünk ennek (3. ábra).

A wikipédiás kulcsszavak kiválasztásához, a kutatási projektet végző párok kialakításához és a végső projekt témájának kiválasztásához szükség van az oktató folyamatos visszajelzéseire; az oktátónak meg kell győződnie arról, hogy minden diák jó úton halad. E célból minden előadáson az utolsó tíz percben mindenkit megkérdezzük: Kiválasztottatok már elemzésre egy hálózatot? Mik a csomópontjaid és a kapcsolataid? Tudod, hogy hogyan szerzed meg az adatokat? Van párod a végső projekthez? Mi a wikiszavad? Ellenőrizted, hogy nincs-e már fenn a Wikipédián? Gyűjtöttél hozzá kapcsolódó szakirodalmat? A válaszok a „Még nem”-től a diákoknak érdekes – már biztos vagy még homályos – ötletekig terjednek. Az alkalmazhatóságról és a megvalósíthatóságról kapott nyilvános vélemény segíti a lemaradókat abban, hogy pontosabbá tegyék az elképzeléseiket, és hogy megtalálják, hogy ki volna, aki mint hasonló érdeklődésű a párujuk lehetne a projektben. Néhány előadás alatt rendszerint mindenki megtalálja a párját, kialakítja a kutatási projektjét és a Wikipédia-szavát; ezután már el is hagyható az óra végéről ez a rövid kérdezősködés.

Szoftver

Egy órát szenteltünk a sokféle hálózatelemző és vizualizáló szoftvernek – olyanoknak, mint a Gephi, a Cytoscape vagy a NetworkX. A hosszabb kurzusban egy másik órán foglalkozunk további számítási módszerekkel, például az illesztéssel, a log-binninggel (a logaritmikus dobozolással) vagy a hálózatok vizualizációjával. Megkérjük a diákokat: hozzák el magukkal ezekre az órákra a laptopjukat, hogy mindjárt ki is próbálhassák ezeket az eszközöket.

3. ábra

Útmutató a végső projekthez

KOMPLEX HÁLÓZATOK: TANTERV

1. hét

- 1. óra – 1. fejezet: Bevezetés
- 2. óra – 2. fejezet: Gráfelmélet

2. hét

- 1. óra – 3. fejezet: Véletlen hálózatok
- 2. óra – 3. fejezet: Véletlen hálózatok

3. hét

- 1. óra – 4. fejezet: Skálafüggetlenség
- 2. óra – 4. fejezet: Skálafüggetlenség

Házi feladatok/1. csomag kiadása (az 1–5. fejezet végén felsoroltakból)

4. hét

- 1. óra – 5. fejezet: A Barabási–Albert-modell
- 2. óra – 5. fejezet: A Barabási–Albert-modell

5. hét

- 1. óra – Előzetes projektek bemutatása
- 2. óra – Gyakorlat: Gráfok matematikai formái, dobozolás, illesztés

6. hét

- 1. óra – Gyakorlat: Gephi és Python szoftverek

Házi feladatok/1. csomag beadása

Házi feladatok/2. csomag: Elemezzük a kurzus diákjainak hálózatát

- 2. óra – Vendégelőadó

7. hét

- 1. óra – 6. fejezet: Időben fejlődő hálózatok
- 2. óra – 6. fejezet: Időben fejlődő hálózatok

8. hét

- 1. óra – Vendégelőadó

Házi feladatok/2. csomag beadása

- 2. óra – 7. fejezet: Fokszámeloszlások

Házi feladatok/2. csomag kiadása: a 6–10. fejezet végén felsoroltakból

9. hét

- 1. óra – 8. fejezet: Hálózatok robusztussága

Házi feladatok/4. csomag kiadása: Wikipédiaoldal

- 2. óra – 8. fejezet: Hálózatok robusztussága

10. hét

- 1. óra – 9. fejezet: Csoportosulások
- 2. óra – 9. fejezet: Csoportosulások

Esti mozi: Connected (rendezte: Tólas Annamária)

11. hét

- 1. óra – 10. fejezet: Terjedési jelenségek
- 2. óra – 10. fejezet: Terjedési jelenségek

12. hét

- 1. óra – Vendégelőadó

- 2. óra – 10. fejezet: Terjedési jelenségek

Házi feladatok/4. csomag beadása

13. hét

- 1. óra – Vendégelőadó

- 2. óra – Nyílt óra (kutatói projektek megbeszélése)

Házi feladatok/3. csomag beadása

14. hét

Vizsgahét – Félév végi projektek előadása (csoportonként 10 perc)

AZ OSZTÁLYZAT ÖSSZETEVŐI

- (1) Házi feladat/1 (Fejezetvégi példák): 15%
- (2) Házi feladat/2 (Fejezetvégi példák): 15%
- (3) Házi feladat/3 (Diákok hálózata): 15%
- (4) Házi feladat/4 (Wikipédia): 15%
- (5) Előzetes projektelőadás:
Nincsen értékelés, csak tanácsok.
- (6) Félév végi projekt: 40%

4. ábra

Osztályozás

A teljes félévnyi kurzuson használt osztályozási rendszer.

5. ábra

Tanterv

A négykredites, heti két előadásból álló hálózattudományi kurzus tanterve heti bontásban.