

Mintatantervek és a hálózattudomány, vagyis az előfeltételi hálók tulajdonságai

Curriculums and the networks science that is the properties of preconditional subject networks

Varga Imre^a, Szilágyi Szabolcs^b

Debreceni Egyetem, Informatikai Kar, Informatikai Rendszerek és Hálózatok Tanszék

^avarga.imre@inf.unideb.hu

^bszilagyi.szabolcs@inf.unideb.hu

Absztrakt: A hallgatóknak a tanulmányuk során különböző tantárgyakat kell teljesíteniük a képzésük mintatantervében foglaltak szerint. Ezek a tanulmányi idő alatt teljesítendő tárgyak nem teljesen függetlenek egymástól. Egyes tantárgyak teljesítése után lehet csak más tárgyakat teljesíteni, azaz őket előfeltételi viszony kapcsolja össze. Ezek a kapcsolatok mint élek kötik össze a csomópontokat jelentő tantárgyakat, így egy előfeltételi hálózatot kapunk.

Azt szeretnénk bemutatni ebben a cikkben, hogy a tantervi hálókat hogyan vizsgálhatjuk meg a hálózattudomány eszköztárával. Hogyan interpretálhatóak az olyan hálózati mérőszámok, mint például a gráf átmérő, fokszám vagy a klaszterizáltság? Felfedezhetőek-e lényeges különbségek a Debreceni Egyetem Informatikai Kara által indított szakok hálózataiban? Vannak-e jelentős strukturális eltérések a más magyarországi egyetemek által indított hasonló szakok között? Az új képzési és kimeneti követelményeknek eleget téve a DE IK szakjai is megújulnak. Meglátszik-e ez a mintatantervi hálókat jellemző mérőszámokban?

Kulcsszavak: mintatanterv, előfeltétel hálózat, tantárgy gráf

Abstract: Students have to fulfill different subjects during their education, according to their curriculum. Subjects of the high educational studies are not totally independents. Some subjects have to be fulfilled earlier than others, so there can be a preconditional relation between subjects. This relationship, as a kind of edge, connects subjects playing the role of nodes in this kind of graph.

In this paper, we would like to show how we can study these curricular networks using the tools of network science. How can we interpret the network measures, such as the diameter of the graph, degree or clustering coefficient of nodes? Can we discover any differences between the educational programs of the Faculty of Informatics of University of Debrecen? Are there significant differences between similar programs of Hungarian Universities? The curriculums of the Faculty of Informatics, University of Debrecen have renewed due to the actual training and outcome requirements. Can we identify this with network properties of curricular graphs?

Keywords: curriculum, preconditional network, subject graph

1. Bevezetés

Természeti-, társadalmi- és technológiai környezetünk tele van olyan rendszerekkel, melyek sok elemmel rendelkeznek, amelyek közül egyes elemek között szoros kapcsolat van, míg mások szinte függetlenek lehetnek egymástól. Az ilyen rendszerek szerkezetét egy gráffal vagy más terminológiában hálózattal tudjuk leírni. Tipikus példa lehet a különböző élőlények anyagcsere hálózata, az egyes személyek társas kölcsönhatásai révén felépülő szociális hálózat vagy akár a számítógépek és más eszközök összekötésével létrejövő telekommunikációs hálózat. Ezeknek a rendszereknek óriási hatása van a mindennapjainkra gazdasági és

társadalmi szempontból. Ennek köszönhetően az utóbbi két évtizedben a hálózatok tudományos vizsgálata központi szerepet kapott. Egy új tudományág született.

Egy ilyen megfigyelt rendszert modellezhetünk egy hálózattal, amely általában lehet irányított vagy irányítatlan, súlyozott vagy súlyozatlan, simplex vagy multiplex, rendelkezhet ún. „kisvilág” tulajdonsággal vagy akár skálafüggetlen is lehet [1]. A különböző hálózatmodellekben számtalan mérőszámot, kvantitatív mennyiséget vezethetünk be azért, hogy jellemezni tudjuk a szerkezetet.

A hallgatók egyetemi tanulmányaik során különböző tantárgyakat vesznek fel és teljesítenek. Ezek a tárgyak különböző ismeretköröket fednek le, amelyek nem teljesen függetlenek egymástól. Egyes ismeretek/képességek megléte szükséges mások elsajátításához, ami a gyakorlatban azt jelenti, hogy vannak tantárgyak, amelyeket sikeresen el kell végezni ahhoz, hogy másokat elkezdhessünk. Ez az ún. előfeltételi viszony azt eredményezi, hogy a tárgyak halmaza helyett tárgyak hálózatáról kell beszélnünk. Az ilyen hálózatokat az egyetemek a képzési programjaiknak megfelelő mintatantervben teszik közzé. Eltekintve a tantárgyak konkrét tartalmától és csak az előfeltételi kapcsolatokat szem előtt tartva könnyen belátható, hogy az előfeltételi hálózat szerkezetének is jelentős hatása van az egyetemi tanulmányokra. Ha túl kevés előfeltétel van egy mintatantervben, akkor a tárgyak teljesítési sorrendjére nincs az egyetemnek befolyása. A hallgatók valószínűleg rosszabb eredménnyel végeznek, mert hiányozhatnak bizonyos előismereteik, ha rendszertelenül veszik fel a tárgyakat. Az oktatásszervezők dolga nehezebb, mivel bárki bármelyik félévben bármelyik tárgyat tetszés szerint felveheti. Ezzel szemben, ha túl sok előfeltétel van, csökken a hallgatók mozgásteré, egy esetleges sikertelen tárgyteljesítés esetén a következő félévben nem tud továbblépni. A képzés ideje jelentősen megnyúlhat. A bukás miatt holtvágányon lévő hallgatók miatt az egyetem kapacitásai kihasználatlanok lehetnek. Az optimális megoldás természetesen ismeretlen. A cikkben azt szeretnénk bemutatni (a teljesség igénye nélkül), hogy az egyes hálózattudományban alkalmazott mérőszámok hogyan értelmezhetőek ebben a speciális esetben, illetve ezek milyen értékeket vesznek fel a gyakorlatban, különböző képzések és képzőhelyek esetén. Próbálunk hangsúlyt fektetni a Debreceni Egyetem Informatikai Karának (DE IK) korábbi és új BSc képzéseire [2].

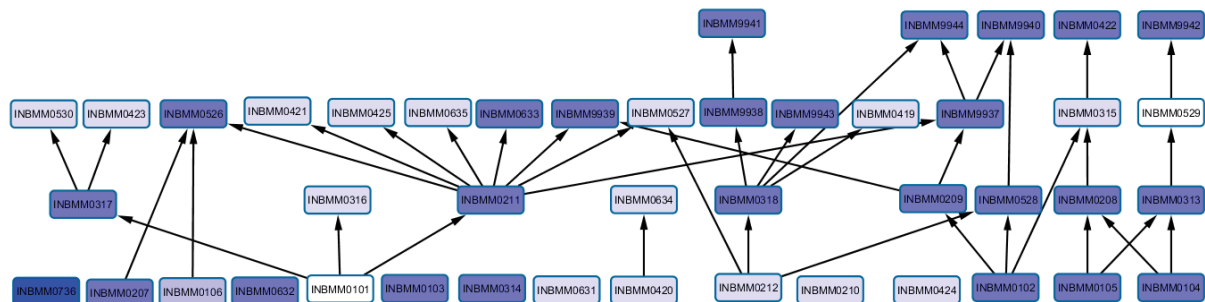
2. A vizsgált hálózatok

A Debreceni Egyetem Informatikai Karának három nagy létszámú BSc képzése van: mérnökinformatikus (MI), programtervező informatikus (PTI) és gazdaságinformatikus (GI). Ezen képzések éppen jelentős változáson mennek át a Képzési és Kimeneti Követelmények [3] közelmúltban történő változásai miatt. A változások a mintatantervekre is nagy hatással voltak. A cikkben a DE IK által indított három 2016-ban induló „rég” képzésének és a három 2017-ben induló „új” képzésének a mintatantervi hálóját kerül megvizsgálásra [2]. Ezen felül mind a három szaknak egy-egy meghatározóan fontos hazai egyetem által indított aktuális mintatanterve is elemzésre kerül. Név szerint a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem (BME) mérnökinformatikus képzése [4], az Eötvös Lóránd Tudományegyetem (ELTE) programtervező informatikus (szoftverfejlesztő informatikus szakirány) képzése [5] és a Budapesti Corvinus Egyetem (BCE) gazdaságinformatikus BSc szakja [6]. Így összesen 9 képzési program lett megvizsgálva. Az elemzés során a mintatantervekben szereplő kötelező és kötelezően választható tantárgyaiból készítettünk hálózatot a következők szerint. Ha A tantárgy előfeltétele a B tantárgynak, akkor a két tárgyat szemléltető csomópontpár között létezik egy irányított él, amely az A-tól a B-felé mutat. Csak a tantárgyi jellegű előfeltételeket vettük figyelembe. Ugyanúgy kezeltük a csak aláírást igénylő és a jegy meglétét is feltételező kapcsolatokat és egyforma módon lettek reprezentálva mind az „és”,

mind a „vagy” jellegű összetett előfeltételi viszonyok. A tárgyak teljesítése különböző félévekben javasolt, de az időbeli távolságukat nem vettük figyelembe csak azt, hogy van-e előfeltételi viszony köztük. Az élek azonosnak tekinthetők, vagyis a hálózatok szimplexek és súlyozatlanok. A mintatanterveken alapuló hálózatok elemzése és megjelenítése a Cytoscape 3.2.0 program segítségével történt [7].

3. Mintatantervek hálózati jellemzői

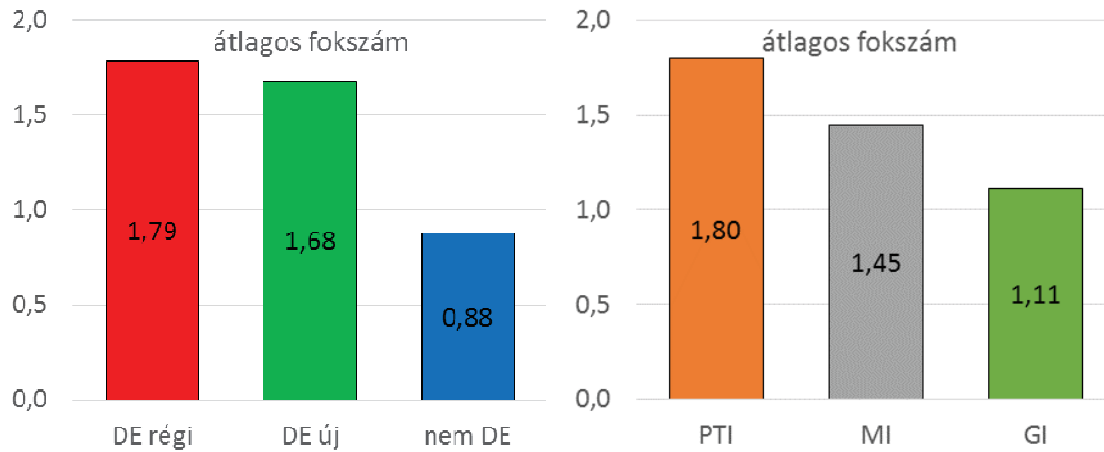
Általánosságban elmondható a vizsgált előfeltételi hálózatokról, hogy természetesen hurokmentesek, azaz egy tárgy nem lehet a saját előfeltétele, viszont tartalmazhatnak köröket, mivel egyes képzési programokban előfordul például, hogy két tárgyat párhuzamosan kell felvenni. Ez felfogható egyfajta kölcsönös előfeltételként. Egyik vizsgált hálózat sem fa szerkezetű, bár vannak olyanok, amelyek kisszámú él eltávolítása esetén már erdőként viselkednek. Egy tipikus előfeltételi hálózat mutat be az 1. ábra.



1. ábra. A DE IK által 2017-ben indítandó mérnökinformatikus BSc képzés előfeltételi hálója.
A csomópontok színét a tantárgy kreditértéke határozza meg (a nagyobb érték sötétebb)

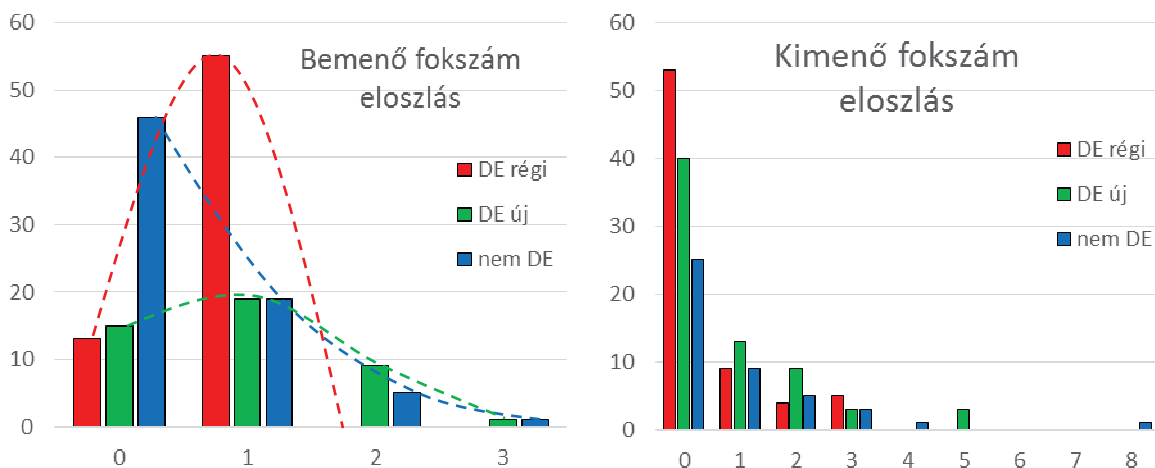
Az egyes hálózatok csomópontszáma jelentősen eltér, 35 és 71 között változik. Ez több dologgal is magyarázható. Egyrészt a képzési programok különböző mértékben tartalmaznak szabadon választható tárgyakat, így a kötelező és a kötelezően választható tárgyak aránya is más-más lehet. Másrészt, ha több szakirány vagy specializáció van, akkor mindegyiknek a tárgyai szerepelnek a hálózatban, még akkor is, ha egy adott hallgatónak nem kell mindegyik tárgyat teljesítenie. Harmadrészt a tárgyak átlagos kreditértéke is számottevően eltér. Kis kreditszámú tárgyak esetén több tárgy szükséges, hogy elérjük a diplomához szükséges összes kreditértéket.

Az élek, azaz az előfeltételek száma még nagyobb változatosságot mutat. Az előforduló legkisebb érték 8, míg a legnagyobb 55. Habár mindegyik hálózat ritkának tekinthető jól látszik, hogy egyes esetekben szinte csak tantárgy halmazról beszélhetünk. Az átlagos irányítatlan fokszámban – azaz egy csomópont kapcsolatainak a számát tekintve – akár közel 6-szoros különbségeket is találhatunk, de egyik esetben sincs átlagosan kettőnél több tárgyal kapcsolata egy tárgynak. Elmondható, hogy habár a DE IK új képzéseiben kisebb az előfeltétel sűrűség, így is közel duplája, mint a nem debreceni képzések esetén (lásd 2. ábra bal oldala). A vizsgált képzési programokban a PTI szak előfeltételi rendszere a legösszetettebb, míg a GI szaké a leglazább (lásd 2. ábra jobb oldala).



2. ábra. Bal oldal: DE IK régi és új képzéseinek és a nem debreceni képzéseknek az átlagos kapcsoltszáma. Jobb oldal: a különböző szakok átlagos fokszáma

A hálózatkutatók számára az átlagos fokszámnál sokkal érdekesebb a fokszám eloszlása. Mivel irányított gráfokról van szó, külön beszélhetünk a bemenő és a kimenő élek számának eloszlásáról. Előbbi például azt mutatja meg, hogy hány olyan tárgy van, aminek 1, 2, 3, stb. előfeltétele van, míg utóbbi azt adja meg, hogy hány olyan tantárgy van, ami 1, 2, 3, stb. másik tárgynak előfeltétele. A vizsgált képzések több, mint felében előfordul, hogy 3 tárgy is előfeltétele egy bizonyos tantárgynak. A képzések 2/3-ában van olyan tantárgy, ami legalább 5 másiknak előfeltétele, de többször előfordul az is, hogy egy csomópontból 8 él indul ki. A debreceni képzésekben a bemenő fokszám eloszlásának maximuma szinte mindig az 1-nél van, azaz a tárgyak többségének van előfeltétele, míg a nem DE IK képzések esetén a maximum mindig a 0 fokszámnál van. Azonban az is megfigyelhető, hogy az új debreceni képzésekben az eloszlás sokkal egyenletesebb, szélesebb (lásd 3. ábra bal oldala). Ezzel szemben a kimenő él szám adatsorok módusza kivétel nélkül 0, azaz a legtöbb tárgyra nem épül másik (lásd 3. ábra jobb oldala).



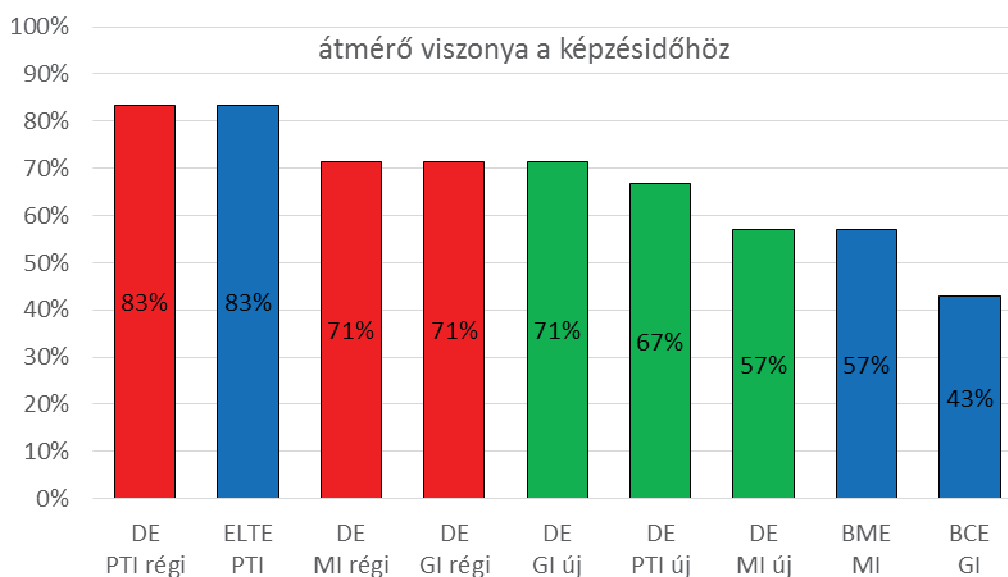
3. ábra. A mérnökinformatikus képzések előfeltételi hálózatában a bemenő élek számának (bal oldal) és kimenő élek számának (jobb oldal) eloszlása

A képzési programok kötelező tartalmú tárgyaiból az előfeltételi kapcsolatok segítségével felépülő hálózatok nem összefüggőek. Ezt azt jelenti, hogy csomópontok olyan klasztereiből állnak össze, melynek elemei között egyáltalán nincs él. (Példaként lásd a 4. ábra jobb felső sarkába beágyazott képet.) A vizsgálat során kiderült, hogy ilyen szempontból óriási különbségek vannak a képzések között. Megállapítást nyert, hogy mindegyik nem debreceni

	átlagos legrövidebb úthossz	átlagos átmérő
régi DE IK képzések	1,86 ± 0,15	4,0 ± 0,0
új DE IK képzések	1,48 ± 0,10	3,3 ± 0,6
nem DE IK képzések	1,49 ± 0,19	3,0 ± 1,0

1. táblázat. Az egyes képzés kategóriákba tartozó előfeltételi hálózatok legrövidebb úthossza és átmérője.

Az általunk vizsgált rendszerekben ráadásul nem csak önmagában az átmérő a fontos, hanem ennek az adott szak képzési idejéhez való viszonya is. Különösen rossz a helyzet egyes PTI képzések esetén. Ha a régi rendszerű programtervező informatikus képzésünket nézzük, a tantárgyháló átmérője 4, azaz 5 félév szükséges legalább a sikeres diplomaszerezéshez. A hivatalos képzési idő 6 félév, azaz ennek 83%-át teszi ki a leghosszabb út. Ha figyelembe vesszük, hogy elvileg a tárgyakat évente csak az őszi vagy csak a tavaszi félévben hirdetik meg, akkor világossá válik a probléma. Amennyiben egy hallgató nem tud teljesíteni egyetlen tárgyat a leghosszabb utak egyikén, akkor már biztos, hogy nem tud végezni a mintatanterv szerint előírt számú félév alatt. Az 5. ábra révén jól látható, hogy a DE IK képzéseinek átalakítása többnyire javított ezen a helyzeten.



5. ábra. A képzések előfeltételi hálózatában előforduló leghosszabb úton fekvő tárgyak teljesítéséhez szükséges idő aránya a képzési időhöz

A hálózatok mikro-szerkezetét jellemezhetjük az átlagos klaszterezettségi együtthatóval, ami nem más, mint a hálózatban szereplő csomópontok klaszterezettségi együtthatóinak egyszerű számtani átlaga. Egy csomópont klaszterezettségi együtthatója pedig a csomópont szomszédjai között meglévő élek számának és a szomszédok között elvileg létrejöheto maximális élszámának a hányadosa. Gyakorlatilag azt mutatja meg, hogy egy csomópont szomszédjai milyen valószínűséggel szomszédjai egymásnak is. A vizsgált hálózatokban egy kivételével az átlagos klaszterezettségi együttható nulla, azaz nincsenek kapcsolati háromszögek. Ez természetesnek mondható a hálózat jellege miatt. A kivétel az ELTE PTI képzése. Itt találhatunk $A \rightarrow B$, $B \rightarrow C$, $A \rightarrow C$ jellegű kapcsolatháromszögeket. Az előfeltétel tulajdonság tranzitív mivolta miatt az $A \rightarrow C$ előfeltétel elhanyagolható lenne és így a klaszterezettségre itt is nullát kapnánk.

4. Összegzés

Kilenc informatikus BSc képzés előfeltételi hálózatának vizsgálata alapján tehát megállapítható, hogy a Debreceni Egyetem Informatikai Kara által az új KKK elvárásainak megfelelően kialakított, 2017 őszétől induló képzéseit reprezentáló hálózatok jelentősen átalakultak a korábbiakhoz képest. A kevesebb előfeltételi kényszer egy lazább, könnyebben teljesíthető képzést eredményezett. Mindezt úgy, hogy képes volt megtartani a szakmailag fontos tantárgyi egymásra épüléseket és azok helyi sajátosságait. Ezek a változások jól nyomon követhetők a hálózattudományban alkalmazott mérőszámok segítségével. A későbbiekben érdemes lenne még megvizsgálni, hogy további magyar és egyes külföldi egyetemek hasonló képzései hogyan viszonyulnak a fentebb bemutatott hálózatokhoz.

Irodalomjegyzék

- [1] Mark Newman: Networks – An Introduction, *Oxford University Press* (2010).
- [2] DE IK képzéseinek honlapja,
<https://www.inf.unideb.hu/hu/kepzes>
- [3] 18/2016. (III.5.) EMMI rendelet
- [4] BME MI BSc képzésének honlapja,
<https://www.vik.bme.hu/hallgatoknak/alapkepzes/info/>
- [5] ELTE PTI BSc képzésének honlapja,
<http://www.inf.elte.hu/karunkrol/oktatas/kepzesek/proginfo>
- [6] BCE GI BSc képzésének honlapja,
<http://gazdalkodastudomany.uni-corvinus.hu/index.php?id=alapkpzsnappalitagozat>
- [7] Cytoscape program honlapja, <http://www.cytoscape.org/>