# HÁLÓZATOK AZ ISKOLÁBAN

# NETWORKS IN SCHOOL CLASSES

**Cseh Gyopárka**

Babes-Bolyai University, Cluj-Napoca, Romania

**ÖSSZEFOGLALÁS**

*Az osztályokban spontán módon kialakuló diákcsoportok fontos szerepet játszhatnak a differenciált oktató-fejlesztő munka hatékonyságának javításában. Ennek fontos feltétele a csoportok optimális összetétele. A spontán csoportok kialakulásának vizsgálata jelenthet kiindulópontot az összetétel pedagógiai szempontok szerint előnyös megváltoztatásához. Az iskolai diákcsoportok kialakulását és optimalizálásának lehetőségét a fizikában sikeresnek bizonyuló klaszterképződési modell segítségével vizsgáltuk. A különböző tanulási stratégiák vizsgálata során kimutatható ugyanis, hogy a logikus tanulás aránya az inteligencia (IQ) függvényében jellegzetesen, szinte lépcsőszerűen változik. A klaszteresedéssel kínálkozó analógiák végiggondolása hasznos segítség lehet a tanároknak a tanítási – és a számonkérési módszerek adott diákcsoportokra történő optimális kiválasztásában.*

**ABSTRACT**

*The formation of spontaneous clusterization in school classes might have an important role in increasing the efficiency of the teachers work. An important precondition for an efficient instructive-developing work is the optimal composition of the groups. According to pedagogical aspects, the study of the group-formation will give us the staringt-point to get the best possible clusterization. We studied the formation of groups in school classes and the possibility of its optimization with the help of the correlation clustering model, a model used with great efficiency in physics. Studying the different type of learning styles, it can be shown that the logical learning rate as a function of the intelligence (IQ) has a specific variation, it isn't a linear one. The correlation clustering would be very useful for teachers to choose the right group formations in the school class during lab work for example.*

**KULCSSZAVAK**

klaszterképződés, fázisátalakulás, tanulás

correlation clustering, phase transition, learning

## BEVEZETŐ

Az összetett, komplex rendszerek elemei között lévő kapcsolatok tükrözésére - a természet- és a társadalomtudományokban egyaránt - sikeresen alkalmazzák a gráfokat. A gráfokkal először a matematikusok kezdtek foglalkozni, de a múlt század közepétől kezdve már a fizikusok is használják és mára már kiterjedten alkalmazzák számos tudományterületen a biológián, szociológián [1], [2] keresztül egészen a pedagógiáig. A fizikában gráfokat többek között a bonyolultan összetett anyagi rendszerek, hálózatok sajátosságainak megértésére használják [1]. A modellek némelyike – úgy tűnik – sikeresen alkalmazható az iskolai osztályközösség tanulmányozására is. A módszer, úgy tűnik, lehetőséget kínál az iskolai közösségek javítására, a tanulás eredményesebbé tételére, és egyúttal jól illusztrálja a fizikai modellek széleskörű alkalmazhatóságát a fizikától távol eső területeken is.

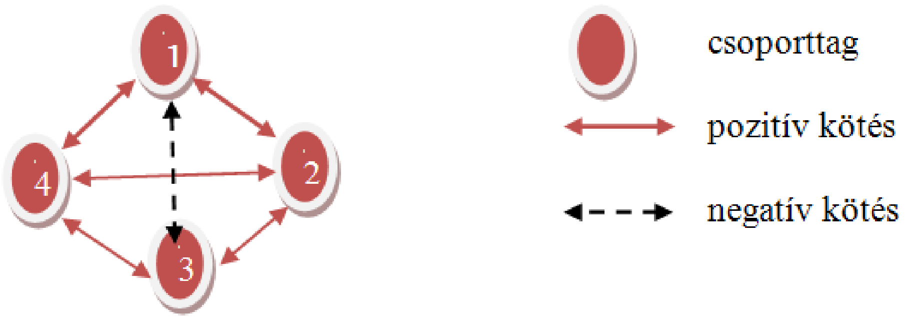
Az iskolai osztályok igen sokfélék. Vannak nagyon összeforrott, egységes osztályközösségek, vannak széthúzó, kisebb csoportokból álló osztályok, de előfordul, hogy az osztály annyira szétesett, hogy közösségekről sem beszélhetünk. Nyilvánvaló, hogy egy összetartó osztályban – ha a tanár megtalálja a hangot – sokkal eredményesebb a munka, mint egy széthúzó osztályban. Az utóbbiban a klikkesedés, a klikkek közötti és a klikkeken belül kialakuló konfliktusok sok energiát emésztenek fel. A tanár munkáját nagyon megkönnyítené, ha lenne lehetősége arra, hogy ezeket az energiaemésztő konfliktusokat feltérképezze és megszüntesse. Ehhez adhat segítséget fizikai alapokra épített modellünk.

A modell másik lehetséges alkalmazási területe a tanulási módszerek vizsgálata és optimalizálása. Sokszorosan bizonyított, hogy középiskolás szinten, és a fölött, a logikus tanulás a leghatékonyabb. A logikus tanulás lényege az, hogy az új és a már meglévő ismeretelemek közt kognitív kapcsolatokat hozunk létre. A tanulás így egyfajta logikai kötésekkel történő klaszterképződéshez hasonlítható. Ennek képessége a tapasztalatok szerint függ tanuló általános IQ szintjétől. Érdekes azonban, hogy a logikus tanulás és az intelligencia között nem lineáris a kapcsolat, azaz nem várható el automatikusan a diáktól az intelligenciájával megegyező mértékű logikus tanulás. A tanár feladata, hogy segítse a diákot a számára optimális tanulási módszerek elsajátításában. A fizikai modell ez utóbbihoz adhat támpontot azzal, hogy analógia alapján tájékoztatja a tanárt, hogy egy-egy diáktól, az IQ-szintje alapján, milyen mértékben várható el a logikus tanulás.

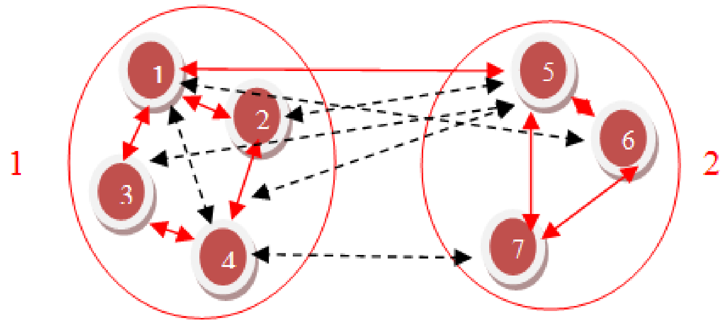
## A TANULÓI CSOPORTOK KAPCSOLATRENDSZERÉNEK MODELLEZÉSE

A probléma pedagógiai megközelítéséhez tekintsünk egy N tanulóból álló osztályt és vizsgáljuk a diákok közti „párkölcsönhatásokat”! Sok diák van, aki rokonszenvez több-kevesebb társával. Természetesen gyakori az is, hogy két tanuló közömbös, esetleg kifejezetten ellenséges egymással. Érthető, hogy minden diák azok társaságát keresi, akikkel szimpatizál és kerüli azokat, akiket nem kedvel. Ezek a személyes kapcsolatok általában kölcsönösek. Tekintsük a diákok közt párosával kialakuló kapcsolatot pozitívnak, ha két diák szívesen tölti együtt az idejét és szeret együtt dolgozni, negatívnak ha ennek az ellenkezője igaz, és semlegesnek, „zérusnak”, ha teljesen közömbösek egymás számára. Így minden gyereknek határozott viszonya van minden osztálytársához. E kapcsolatok következtében az osztályban csoportok – klaszterek – alakulnak ki. Egy-egy csoporton belül a diákok közti pozitív kapcsolódás adja az összetartást. Ez természetesen nem jelenti azt, hogy a csoporton belül minden párkölcsönhatás pozitív, lehetnek a csoport tagjai közt olyanok, akik lényegében közömbösek, vagy éppen ellenszenvesek egymásnak és csak közös barátaik révén vannak egy csoportban. A csoporton belüli ellentéteket a szaknyelv „frusztrációnak”, az ilyen ellentéteket tartalmazó csoportot „frusztrált klaszternek” nevezi. A csoport annál erősebb és hatékonyabb lehet a munkában, minél több a pozitív kapcsolat és minél kevesebb a frusztráció. Az 1. ábra négy diákpáros kapcsolatviszonyait szemlélteti, a diákokat számozással azonosítottuk. A csoport 2. és 4. tagja három pozitív kapcsolattal rendelkezik. Az 1-es és a 3-as diák két másik társához pozitív kapcsolattal kötődik, köztük azonban ellentét van. A csoportban bizonyára problémát jelent ez az ellentét, de a pozitív kapcsolatok képesek összetartani a csoportot. Az ábrán a pozitív kapcsolatot folytonos vastagabb vonal, a negatívot vékonyabb szaggatott vonal jelzi.

A klaszteresedés illusztrálására bővítsük a létszámot újabb három fővel! A három újabb diák kölcsönösen pozitív kapcsolattal kötődik egymáshoz, a korábban említett négy diákhoz azonban döntően negatívan viszonyulnak. A kapcsolatrendszert a 2. ábra gráf-hálózata mutatja.




1. ábra. Frusztráció a klaszterben

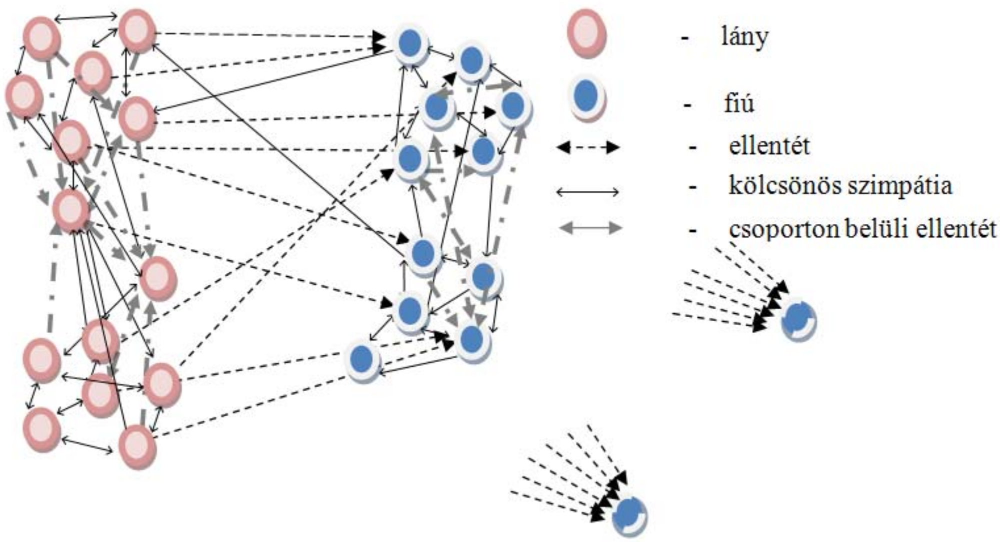



2. ábra. Egy hét főből álló rendszer klaszterképződése

Az ábra alapján magától értetődő, hogy a hét diák két egymástól elkülönülő spontán csoportot alkot. A tárgyalt esetben egyértelmű, hogy a tanár és valamennyi diák számára az a kedvező, ha az iskolai munkát e csoportbontásban végzik. A 2. számú csoport ideálisan tud összhangban együtt dolgozni, az 1. csoportban jelent némi zavart két diák ellentéte, de ez a többiek jó együttműködése révén kezelhető. Bármilyen módon szerveznénk munkacsoportokat, vagy egyetlen csoportba kényszerítenénk a gyerekeket, a pozitív és negatív kapcsolatok csoportbeli aránya romlana, a csoportmunka eredményessége feltehetően csökkenne. A tárgyalt egyszerű példa jelzi a probléma pedagógiai lényegét. Egy 25-40 fős iskolai osztály bonyolult páros kapcsolatrendszere esetén általában nem alakul ki magától az optimális csoportosulás. A klaszteresedés fizikai modellje a csoportalakítás objektív vizsgálatához és az optimális csoportszerkezet megtalálásához kínál segítséget.

## EGY OSZTÁLY CSOPORT-SZOCIOMETRIAI VIZSGÁLATA

Kiválasztottunk egy érezhetően frusztrált VI. osztályt, ahol gyakoriak a konfliktusok az osztálytársak között, és ez rányomta bélyegüket a laborgyakorlaton végzett csoportos munkákra is. A szociometriában szokásos kérdőívekkel feltérképeztük az osztályon belüli legfontosabb kapcsolatokat. A kérdőíven minden gyereknek azt kellett megmondani, hogy ki az a három társa, akivel szívesen dolgozna együtt (ha van ilyen), és ki az a három, akivel nem szeretne egy munkacsoportba kerülni. A felmérés alapján elkészítettük a részleges kötési mátrixot, amit gráfok segítségével ún. szociogramon ábrázoltunk. Az 3. ábrán látható szociogramon feltüntettük a meghatározó kölcsönös kapcsolatokat, de a jobb áttekinthetőség kedvéért elhagytuk az egyoldalú viszonyulásokat, amelyek főleg a csoportok közti ellentéteket jelezték. Jól látható az osztály frusztrált csoportszerkezete. Két nagyobb létszámú lány és egy fiú csoport különíthető el, ezeken túl van még két magányos fiú, akiket a többiek csak negatív vonatkozásban említettek. (Érdekes, hogy ők mutattak pozitív kötődést, de ez viszonzatlan.)




3. ábra. Az osztály szociogramja

Külön kérdőívvel feltérképeztük a baráti köröket is. Itt a kérdés nem a közös munkára vonatkozott, hanem arra, hogy kik a barátai. A baráti csoportosulásokat bemutató 4. ábra gráf-hálózata nagyon hasonló a korábbihoz. A fiúk nagy csoportja két kisebb csoportra tagolódik. A lányok csoportjában két olyan lányt találunk, akik nem egyértelműen kirekesztettek, de kötődésük bizonytalan, mindkét lánycsoporthoz tartozhatnának. A lányok és a fiúk közt nincs barátkozás, ami a 12-14 éves korosztály esetén tipikusnak vehető. A bemutatott csoport-viszonyokat a statisztikus fizikában tárgyalt klaszteresedési folyamatokhoz hasonlóan próbáltuk meg kvantitatív módon vizsgálni [3,4].

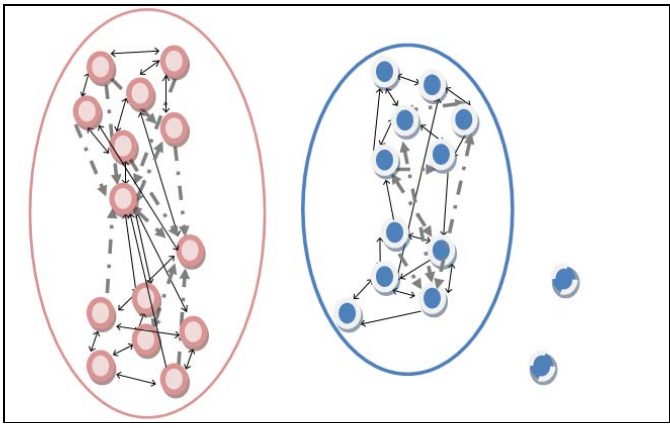
A statisztikus fizika szerint bármely kötő és taszító kapcsolatokkal jellemezhető sokaságban kialakulnak csoportok, ún. klaszterek. A klaszterek jellemezhetők egy jósági értékkel, amelyet a klaszeteren belüli kötődések és a klaszteren belüli taszítások számának különbsége határoz meg. Az anyagi rendszereknél a jósági paraméter energia jellegű mennyiség. A rendszer optimális klaszterszerkezetét az energia szélsőértéke határozza meg. Az optimális klaszterszerkezet számítógépes módszerekkel meghatározható.

Az osztály csoportszerkezetének kvantitatív vizsgálatával a fizikai analógia alapján dolgoztunk. Az egy csoportba tartozó diákok közti minden pozitív kapcsolathoz önkényesen +1 értéket, és minden elutasításhoz -1 értéket rendeltünk. Az osztályban lévő diák-csoportok jellemzésére, a jósági paraméter mintájára, bevezettük a „*klasztererősség*” fogalmát, amely a csoporton belüli kötődések számának és az elutasítások számának a különbsége. Klaszternek tekinthető egy diákcsoport, ha a klasztererőssége pozitív érték. A csoportos munka az osztályban annál eredményesebb lehet, minél nagyobb a klasztererősségek $K = \Sigma k_i$ összesített értéke.

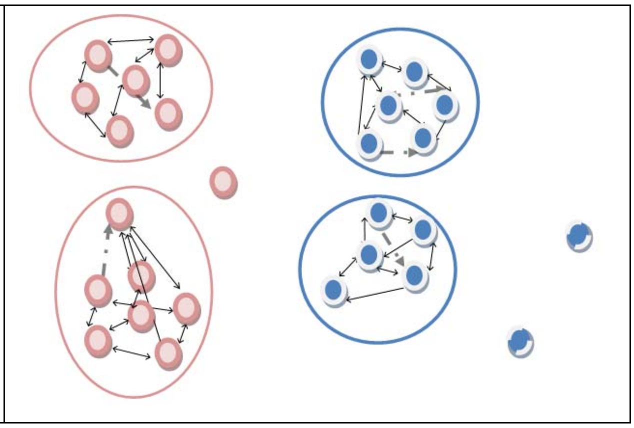
Ha tehát egy elképzelt ideális osztályban, $N$ számú gyerek közt csak kölcsönös kötődések vannak, az egész osztály egyetlen klasztert alkot, akkor a klasztererősség $K = N*(N-1)$, hiszen $N$ csomópont között $N*(N-1)$ kötés van. Ellenkező esetben, ha mindenki mindenkit elutasít, akkor minden egyén külön klasztert képez, tehát $N$ számú klaszterünk lesz, az összesített klasztererősség pedig $K = 0$.

A 2. ábrán bemutatott két csoport esetén a négy fős klaszter erőssége $k_1$= 4*2-2*1=6, míg a három főből állóé $k_2$=3*2=6. A rendszer összesített klasztererőssége $K=k_1 + k_2 =12$. Utánaszámolható, hogy bármely más csoportalakítás esetén, $K$ <12. (Ha például a 4-es egyént áttennénk a 2-es csoportba, akkor ugyan megszűnne a frusztráció az 1-es csoportban, ott $k_1$=2*2=4 lenne, de a második csoportban nem egy, hanem két kölcsönös negatív kötés keletkezne, tehát $k_2$= 3*2-2*2=6-4=2, az összesített klasztererősség pedig $K= k_1 + k_2$ =6<12 lenne. Valaki azt hihetné, hogy javítana a helyzeten ha a 4-es egyént kiszakítanánk az 1-es csoportból és külön egy magányos csoportot alkotna, hisz akkor a kölcsönös negatív kötés már nem jönne számításba, mert nem csoporton belüli negatív kötés lenne. Ez így is van, viszont ezzel veszítenénk 2 darab kölcsönös pozitív kötést is, ami csoporton kívüli kötéssé alakulna, s akkor lenne egy $k_1$= 2*2=4, $k_2$= 3*2=6 és $k_3$= 0 erősségű klaszterünk, tehát $K= k_1 + k_2 + k_3$ =10<12. Ilyen gondolatmenettel végig számolható az összes lehetséges eset, csak ez a számítás jó néhány napot venne igénybe. Gondoljunk csak bele, hogy létezik 1 darab 7-es csoportosulás, amikor mindannyian egy csoportban vannak; egy 2-es és egy 5-ös csoportosulás már 22 féle kombinációt tesz lehetővé, és így tovább. Belátható, hogy már egy ilyen kis létszámnál is számítógép és közelítő módszerek nélkül még azt is nehéz kiszámítani, hogy hány féle csoportosítás létezik, a klasztererősségről nem is beszélve.

Az osztály feltérképezett baráti csoportosulására (4. ábra) számítható összesített klasztererősség $K$= 40.



4. ábra. Baráti csoportok az osztályban



5. ábra. A számítógépes optimalizálással kapott klaszterek

Optimálisnak az a klaszterszerkezet tekinthető, ahol $K$ az értéke maximális. Ez úgy kereshető meg, hogy a klaszterek szerkezetét változatjuk és minden lehetséges konfigurációra, meghatározzuk K értékét. Mivel az optimális klaszterszerkezet ilyen megkeresése, vagyis a $K$ klasztererősség maximalizálása, már 20-30 fős osztályra nagyon számításigényes, a statisztikus fizikában az anyagi rendszerek klaszteresedésének vizsgálatára kiterjedten alkalmazott számítási módszert, a szimulált hőkezeléses Monte-Carlo algoritmust használtuk [4]. Az ily módon meghatározott optimális klaszterszerkezetet a 5. ábra mutatja, ahol az összesített klasztererősség maximális értéke $K$= 51. A 4. és 5. ábra csoportszerkezete alapvetően hasonló. A különbség annyi, hogy a számítások szerint előnyösebb a csoportokat megosztani. Az osztályban folyó munkát eszerint négy népesebb csoportra (2 fiú és 2 leány-csoportra) és három magányos tanulóra (két fiú és egy lány) bontva célszerű megszervezni. Ezt megtettük, és az első tapasztalatok szerint a közös munka (elsősorban a lányoknál ) érezhetően jobban javult. Persze a magányos tanulóknak a munkát úgy osztjuk ki, hogy az tényleg egyéni munka legyen, lehetőleg fontos munka, így nem érzik annyira a kirekesztettséget, sőt munkájuk eredményét értékelve esetleg a többiek is rájuk figyelnek, ezáltal megteremtve a lehetőségét annak, hogy idővel átértékeljék a viszonyukat ezekkel az osztálytársakkal. Kérdés, hogy az újfajta csoportosítás, a mindennapos konfliktusok csökkenése mennyire járul hozzá új baráti kapcsolatok kialakulásához vagy legalább az osztályban lévő ellentétek oldásához.

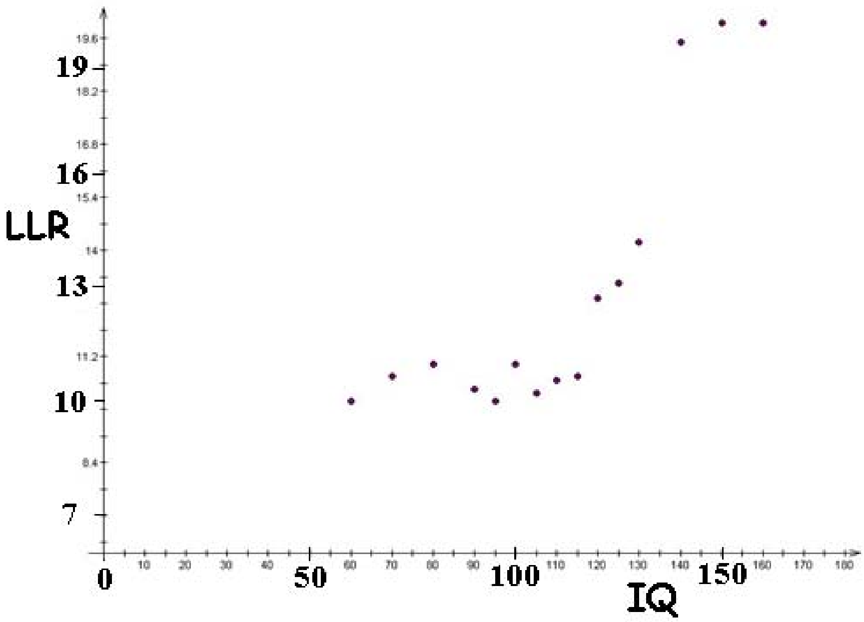
## A LOGIKUS TANULÁS MODELLJE

A tanulás elméletével foglalkozó szakirodalom [4,6] több eltérő tanulási módszert különböztet meg. Így beszélhetünk vizuális, auditív, verbális, kinetikus, logikus, egyéni és csoportos tanulási módszerekről. A kutatások szerint valamennyi közül a leghatékonyabb az ún. logikus tanulás. Azt, hogy ki milyen arányban használja a fenti technikákat, köztük a logikus tanulás módszerét is, pszichológiai tesztekkel mérni és számszerűsíteni lehet. A tapasztalatok azt mutatják, hogy csak kevesen képesek a tanulásnak erre a hatékony módjára. Kutatásunkban erre próbáltunk magyarázatot keresni, fizikai analógiák felhasználásával.

Abból a feltételezésből indultunk ki, hogy a logikus tanulás egyfajta kognitív hálószerkezet meglétével és bővítésével kapcsolatos. A logikusan tanuló személy az ismereteit kapcsolati hálózattal összefogott klaszterekbe szervezi. Minél kiterjedtebb, struktúráltabb kognitív klaszterrendszerünk van, annál több kapcsolódási pont kínálkozik az új ismeretek megkötésére. A kép emlékeztet a statisztikus anyagi rendszerek klaszteresedésének folyamataira. Az analógia ellenőrzésére szükség volt egy, a logikus tanulás képességével összefüggést mutató mérhető tulajdonság megtalálására. Kézenfekvőnek tűnt a logikus tanulás és a jól mérhető IQ kapcsolatának vizsgálata.

Közel 200 fős reprezentatív mintán, pszichológusok segítségével párhuzamosan mértük a logikus tanulás mértékét (LLR) és az IQ értékét. A minta megválasztásánál ügyeltünk arra, hogy a népesség eloszlásának megfelelő legyen a férfiak és nők aránya és az életkor szerinti megoszlás 14 és 71 év között. A logikus tanulás mértékét az interneten is elérhető *Memletics tanulási teszt* segítségével mértük, az IQ értékeket párhuzamos *Raven-teszt*-tel határoztuk meg. Ez utóbbi egy standardizált ábrákon alapuló intelligencia teszt, mely lehetővé teszi egyazon teszt használatával az alacsony és a magas IQ értékek mérését is.

A 6. ábrán a logikus tanulás átlagértékeit ábrázoljuk az IQ függvényében. A mérések egyértelműen igazolják a kapcsolatot a logikus tanulás és az IQ között. A kapcsolat érdekessége, hogy nem lineáris. Úgy tűnik, hogy az IQ által mért meglévő ismeretek egy kritikus értékét meghaladva válik meghatározó mértékűvé a logikus tanulás. A jelenség Erdős Pál és Rényi Alfréd világhírű magyar matematikusok neves tételével [7] hozható kapcsolatba. Eszerint egy végtelen véletlen hálózat számos tulajdonsága hirtelen jelenik meg az élsűrűség növekedésével. Esetünkben az élsűrűség, az egyes ismeretelemek közti kapcsolat az IQ-ban tükröződne vissza, az ennek növekedésével hirtelen megjelenő új minőség a logikus tanulás képessége.




6. ábra. Logikus tanulási ráta átlag értékei az IQ függvényében

A kvalitatív értelmezésen túlmutató kvantitatív fizikai modell-analógiák alkalmazása óvatosságot kíván. Mivel a pszichológiai méréseknél nehezen küszöbölhető ki az emberi tényező (pl. a válaszok koncepcionális megadása) a kvantitatív továbblépéshez szükséges lenne a mérések megismétlése, konkrétan az iskolás korosztályra összpontosítva. Mindazonáltal érdekes pedagógiai következtetések sejthetők a kapott eredmények alapján is. Eszerint 110-es IQ alatt valószínűleg irreális a törekvés, hogy diákjainkat rávezessük a logikus tanulásra, ilyen esetekben a tanárnak más tanulási módszereket érdemes ajánlani tanítványainak. Részletes vizsgálatok lennének szükségesek arra vonatkozóan is, hogy milyen életkorban és milyen módszerekkel lehet hatékonyan fejleszteni az IQ-t, és ezzel megteremteni az eredményes, logikus tanulás lehetőségét.

**KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS**

A szerző köszönetét fejezi ki dr. Derényi Imre egyetemi docensnek, témavezetőnek, a hasznos útmutatókért és tanácsokért..

Cseh Gyopárka kutatásait az EU SZOCIÁLIS ALAP AMPOSDRU „A TUDOMÁNYON KERESZTÜL A TÁRSADALOMIG "PhD program finanszírozta .

**IRODALOMJEGYZÉK**

1. Barabási A.-L.: Behálózva- A hálózatok új tudománya, Helikon Kiadó, Budapest, 2008
2. Derényi I., Farkas I., Palla G., Vicsek T.: Magyar Tudomány, 11, 1319, 2006
3. Néda Z., Ravasz M., Florian R., Libál A.: Physica A, 362, 357, 2006
4. Néda Z., Sumi R., Ercsey-Ravasz M., Varga M., Molnár B., Cseh Gy.: Journal of Physics A, Math. Theor., 42, 345003, 1009
5. Kulcsár T.: Iskolapszichológia, Dacia Kiadó, Kolozsvár, 1984

6. Radu I.: Întroducere în psihologia contemporană, Sincron Kiadó, Kolozsvár, 1991
7. Erdős Pál- Rényi Alfréd: A matematikai Kutatóintézet Közleményei VII.B/4, http://www.math-inst.hu/~p_erdos/1963-05.pdf

**SZERZŐK**

Cseh Gyopárka, doktori hallgató, Department of Theoretical Physics, Babeş-Bolyai University, Str. M. Kogălniceanu 1, RO-400084, Cluj-Napoca, Romania, Eötvös Lóránd Tudományegyetem, Budapest, email: szcsehgy@yahoo.com