

A kognitív képességek és számítógépes gondolkodás szerepe az elsőéves STEM hallgatók teljesítményében: Három teszt összehasonlító elemzése

The role of cognitive abilities and computational thinking in the performance of first-year STEM students: A comparative analysis of three tests

KÁTAI Zoltán¹, OSZTIÁN Pálma Rozália¹, OSZTIÁN Erika¹

1: Sapientia EMTE, Matematika-Informatika Tanszék

Abstract

The study aims to examine the cognitive abilities and computational thinking skills of first-year STEM students using three different tests: the Cognitive Aptitude Test (CA_t), the Raven's Progressive Matrices Test (RPM_t), and the Computational Thinking Test (CT_t). The research explores how these abilities are interrelated and how they may predict students' academic performance in STEM fields.

Keywords: cognitive abilities, fluid intelligence, computational thinking, STEM students, academic performance

Kivonat

A tanulmány célja az elsőéves STEM hallgatók kognitív képességeinek és számítógépes gondolkodásának vizsgálata három különböző teszt segítségével: a Kognitív Alkalmassági Teszt (CA_t), a Raven-féle Progresszív Mátrix Teszt (RPM_t) és a Számítógépes Gondolkodási Teszt (CT_t). A kutatás során arra kerestük a választ, hogy ezek a képességek milyen összefüggésben állnak egymással, és hogyan jelezhetik előre a hallgatók tanulmányi teljesítményét a STEM területeken.

Kulcsszavak: kognitív képességek, folyékony intelligencia, számítógépes gondolkodás, STEM hallgatók, akadémiai teljesítmény

1. BEVZETÉS

A STEM területén jártas szakemberek iránti növekvő kereslet rámutat arra, hogy jobban meg kell értenünk azokat a kognitív és intellektuális tényezőket, amelyek hozzájárulnak a sikerhez ezekben a diszciplínákban [1]. Ahogy az oktatási intézmények arra töreksenek, hogy azonosítsák és támogassák a jövőbeli STEM tehetségeket, elengedhetlenné válik azoknak a kognitív képességeknek a vizsgálata, amelyek a problémamegoldás, a logikus gondolkodás és a számítógépes gondolkodás alapját képezik – ezek mind kulcsfontosságú készségek a STEM területeken való boldoguláshoz [2]. Ennek egyik megközelítése a szabványosított tesztek használata, amelyek a kognitív működés kulcsfontosságú aspektusait mérik, beleértve az általános intelligenciát, a folyékony gondolkodást és a számítógépes gondolkodást.

Ez a tanulmány arra törekszik, hogy feltárja az elsőéves STEM hallgatók kognitív profiljait három különböző értékelési módszer segítségével: (1) a Kognitív Alkalmassági Teszt (CA_t: Cognitive Aptitude Test), amely széles körű kognitív készségeket mér, (2) a Raven-féle Progresszív Mátrix Teszt (RPM_t: Raven's Progressive Matrices Test), amely elterjedt módszer az absztrakt gondolkodás és a folyékony intelligencia mérésére, valamint (3) a Számítógépes Gondolkodási Teszt (CT_t: Computational Thinking Test), amely specifikus problémamegoldó és algoritmikus gondolkodási készségeket értékel. Mindhárom eszköz népszerű toborzási tesztnek számít, amelyeket gyakran használnak szakmai interjúkhoz [3,4,5]. A tesztek közötti összefüggések vizsgálatával e tanulmány célja, hogy feltárja azokat a kognitív képességmintákat, amelyek előre jelezhetik a STEM oktatásban való tanulmányi teljesítményt és sikert.

2. SZAKIRODALMI HÁTTÉR

Kognitív alkalmasság és szerepe a STEM sikereiben

A kognitív alkalmasság általános mértéke az egyén problémamegoldó képességének, kritikai gondolkodásának és információfeldolgozási hatékonyságának. Ezek a képességek gyakran kapcsolódnak a folyékony/fluid intelligenciához, ami azt a képességet jelenti, hogy valaki előzetes tudás nélkül oldjon meg új problémákat. A STEM oktatásban a kognitív alkalmasság fontos szerepet játszik a komplex fogalmak elsajátításában, az absztrakt matematikai összefüggések megértésében, valamint a problémamegoldási folyamatok navigálásában, amelyek egyaránt igénylik az analitikus és kreatív gondolkodást [3]. Az olyan tesztek, mint a CA_t, széles körű képességeket értékelnek, így hasznos eszközt jelentenek a hallgatók akadémiai sikerének előrejelzésében, különösen a nagy kihívást jelentő STEM területeken.

Raven-féle Progresszív Mátrix Teszt és a folyékony intelligencia

Az RPM által mért folyékony intelligencia kulcsfontosságú az absztrakt gondolkodás és problémamegoldás szempontjából, amelyek elengedhetetlenek a STEM tudományágakban. Az RPM célja, hogy a non-verbális gondolkodást értékelje olyan vizuális minták bemutatásával, amelyek egy hiányzó elemet tartalmaznak, és a teszt kitöltőinek ezt az elemet kell az alternatívák közül kiválasztaniuk. Ezt a tesztet gyakran úgy tekintik, mint a folyékony intelligencia tiszta mérőeszközét, amely a logikai gondolkodásra és a mintázatfelismerésre koncentrál, anélkül, hogy előzetes tudásra vagy speciális szakértelemre lenne szükség [6,7]. Azok a STEM hallgatók, akik magas szintű folyékony intelligenciával rendelkeznek, könnyebben sajátíthatnak el olyan területeket, mint a matematika, a fizika és az informatika, ahol az absztrakt gondolkodás alapvető.

Számítógépes gondolkodás a STEM oktatásban

A számítógépes gondolkodás az a képesség, hogy a komplex problémákat kezelhető részekre bontsuk, algoritmusokban gondolkodjunk, és logikai folyamatokat alkalmazzunk megoldások kidolgozására. Ez a készségkészlet egyre inkább elismert a STEM területeken, különösen az informatika és a mérnöki tudományok területén [2]. A számítógépes gondolkodás olyan fogalmakat foglal magában, mint az absztrakció, a dekompozíció, a mintázatfelismerés és az algoritmikus gondolkodás, amelyek lehetővé teszik a hallgatók számára, hogy hatékonyan oldják meg mind az elméleti, mind a gyakorlati problémákat. A CT_t azt értékeli, hogy a hallgatók mennyire képesek ezekben a folyamatokban részt venni, betekintést nyújtva abba, hogy mennyire készültek fel az olyan diszciplínákra, mint a programozás, a robotika és a rendszertechnika.

Elméleti megalapozás

Ez a tanulmány a Cattell-Horn-Carroll (CHC) kognitív képességek elmélete alapján működik, amely megkülönbözteti a folyékony és kristályos intelligenciát, mint az általános kognitív képesség két kulcselemét [8]. A folyékony intelligencia (G_f) mind a Raven-féle Progresszív Mátrix Teszt, mind a Kognitív Alkalmassági Teszt középpontjában áll, míg az utóbbi a kristályos intelligencia (G_c) elemeit is érintheti, amely a megszerzett tudást képviseli. E mérőeszközök kombinálásával és a számítógépes gondolkodás területspecifikus értékelésével a tanulmány célja, hogy integrálja az általános kognitív képességeket a STEM területeken szükséges specifikus problémamegoldó készségekkel.

Továbbá, Jean Piaget kognitív fejlődés elmélete [9] azt sugallja, hogy a formális műveleti gondolkodás fejlődése, amely jellemzően serdülőkorban következik be, kulcsfontosságú az absztrakt és logikai gondolkodás szempontjából – ezek a készségek szükségesek a STEM területeken. Ez a tanulmány feltételezi, hogy az elsőéves STEM hallgatók, akik általában késő serdülőkorban vagy fiatal felnőttkorban vannak, éppen a formális műveleti gondolkodás finomításának folyamatában vannak, amit a kognitív és számítógépes tesztek teljesítménye tükröz.

Összességében ez a tanulmány betekintést nyújt abba, hogy a kognitív alkalmasság, a folyékony intelligencia és a számítógépes gondolkodás hogyan kapcsolódik egymáshoz az elsőéves STEM hallgatók körében, és potenciálisan előre jelezheti az akadémiai sikert és a STEM területeken való karrierlehetőségeket.

3. MÓDSZERTAN

A mérés a 2024–25-ös tanév regisztrációs hetében zajlott a Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem (EMTE) Marosvásárhelyi Karán. A kísérletbe meghívtuk az összes elsőéves STEM szakos

hallgatót, összesen 173 diákot. A mérésen 136 hallgató vett részt, akik az informatika (42), számítástechnika (26), automatizálás (26), távközlés (5), mechatronika (21) és gépészmérnök (16) szakokra jelentkeztek. A mérés célja a hallgatók kognitív és számítógépes gondolkodási képességeinek felmérése volt három különböző teszt segítségével: a Criteria Cognitive Aptitude Test (CCAT) rövidített változata (CAt), a Raven-féle Progresszív Mátrixok teszt (RPMt) és a Roman-Gonzales Számítógépes Gondolkodási Teszt (CTt).

A tesztek bemutatása

A résztvevők kognitív képességeit a Criteria Corp. által fejlesztett CCAT teszt rövidített verziójával mértük. Ez a teszt különböző alapvető kognitív készségeket értékel, és világszerte több száz vállalat alkalmazza a munkaerő kiválasztására. A teljes CCAT egy 15 perces, 50 kérdéses feleletválasztós teszt, míg a kutatás során ennek egy rövidített, 9 perces változatát használtuk (CAt), amely 30 kérdésből állt [10]. A Raven-féle Progresszív Mátrixok teszt (RPMt) egy 60 kérdéses non-verbális teszt, amely 40 perc alatt volt kitölthető [11]. Ez a teszt a folyékony intelligencia mérésére szolgál, és széles körben alkalmazott mind csoportos, mind egyéni felmérésekben. A Roman-Gonzales Számítógépes Gondolkodási Teszt (CTt) célja a számítógépes gondolkodás készségeinek mérése, mint az absztrakció, dekompozíció, mintázatfelismerés és algoritmikus gondolkodás [5]. A teszt 28 feleletválasztós kérdésből állt, és a hallgatóknak 45 perc állt rendelkezésükre a megoldására.

A kísérlet lebonyolítása

A résztvevőket három terembe osztottuk véletlenszerűen: egy nagy előadóba és két kisebb előadóba. A nagyelőadóban 12 sorban, soronként 9 hallgató ült, és minden két résztvevő között egy üres helyet hagytunk. A tesztek papír alapon kapták meg, mindenki kapott piszkozatlapot és igény esetén írószerszámot is. A tesztek megkezdése előtt 2 perces bevezetőt tartottunk, amelyben bemutattuk a tesztek célját és jellegét. Minden teszt megkezdése előtt egy-egy példán keresztül szemléltettük a feladattípusokat.

A tesztelés sorrendje a következő volt:

- (1) RPMt: 40 perc, 60 kérdés. A teszt időzítése jól láthatóan ki volt vetítve a teremben. A résztvevők karikázással jelölték a helyes válaszokat.
- (2) CAt: 9 perc, 30 kérdés. A teszt időzítése szintén ki volt vetítve, és a válaszokat itt is karikázni kellett.
- (3) CTt: 45 perc, 28 kérdés. A teszt hasonlóan időzítve volt, és a résztvevők oldalanként 2 kérdésre kellett válaszoljanak, ugyancsak karikázással.

A következő teszt akkor kezdődött, amikor az előzőt mindenki befejezte, vagy lejárt a meghatározott időkeret. A 2. és 3. tesztek között 10 perc szünetet tartottunk. Mindenki felírta a lapjára, hogy mennyivel fejezte hamarabb be, mint a megadott időkeret, a szóban forgó tesztet.

Demográfiai adatként a résztvevők életkorát, nemét, választott egyetemi szakirányát, valamint középiskolai előképzésük néhány részletét gyűjtöttük be. A résztvevők hozzájárultak az adatok névtelen feldolgozásához, amelyeket papíralapú adatgyűjtés után digitális formában rögzítettünk.

4. EREDMÉNYEK

Az adatok elemzését az R szoftver segítségével végeztük. Az adatokat megvizsgáltuk összességükben, szakirány szerinti bontásban (1. táblázat), valamint tanszékek szerinti csoportosításban is (2. táblázat). Az Informatika szak, amely egy 3 éves képzés és a természettudományok szakirányának számít, a Matematika–Informatika Tanszékhez tartozik. A Villamosmérnöki Tanszék fogja össze a számítástechnika, az automatizálás és a távközlés 4 éves mérnöki képzéseit. A mechatronikai és a gépészmérnöki szakok szintén 4 évesek, és a Gépészmérnöki Tanszék felügyelete alá tartoznak.

A résztvevők a folyékony intelligenciát mérő RPMt teszten érték el a legmagasabb pontszámokat. Az 1. táblázatból látható, hogy minden szak esetében a teljesítmény 87% és 90% között volt. Az összes résztvevőt tekintve a CTt teszt eredményeinek átlaga 78,76%, és mérsékelt pozitív korrelációt találtunk az RPMt és a CTt adatsorok között ($r = 0,54$). A CTt teszt esetében szembevetendő különbségek figyelhetők meg a tanszékek között (lásd 2. táblázat): Informatika (84,52%), Villamosmérnöki (80,36%, 78,57%, 77,14%), Gépészmérnöki (71,09%, 71,88%). Érdekes módon a legerősebb korreláció az RPMt és a CTt teszteredmények között a mechatronikai ($r = 0,7$) és a gépészmérnöki ($r = 0,73$) szakokon figyelhető meg.

A leggyengébb eredmények a CAt teszt alapján születtek. A teljesítmény minden szak esetében átlag alatti volt. Az átlagosnak számító 48%-ot az automatizálás, számítástechnika és informatika szakok

közelítették meg, míg a többi három szak 40% alatt teljesített. A CA-t eredmények gyengén vagy egyáltalán nem korreláltak a másik két teszt pontszámaival.

Teszteredmények szakok szerinti bontásban

1. táblázat

Szakirány	Átlagteljesítmény (%)		
	RPMt	CAt	CTt
Informatika	89.56	44.68	84.52
Számítástechnika	89.20	47.66	80.36
Automatizálás	88.53	46.67	78.57
Távközlés	88.77	36.00	77.14
Mechatronika	87.55	36.51	71.09
Gépészmérnöki	88.60	38.13	71.88

Teszteredmények tanszékek szerinti csoportosításban

2. táblázat

Szakirány	Átlagteljesítmény (%)		
	RPMt	CAt	CTt
Informatika	89.56	44.68	84.52
Villamosmérnöki szakok (számítástechnika, automatizálás, távközlés)	88.86	46.19	79.26
Gépészmérnöki szakok (mechatronika, gépészmérnök)	88.00	37.21	71.43

Miután körvonalazódott a fentebb vázolt összkép, adatainkat alaposabb vizsgálatnak vetettük alá, hogy megbízhatóbb következtetéseket vonhassunk le. Mivel elsősorban a programozásoktatás iránt érdeklődünk, elsőként a CT-t teszteredményekre összpontosítottunk.

Az informatika és számítástechnika szakok esetében a Shapiro–Wilk-teszt alapján nem feltételezhető normáeloszlás, ezért az ANOVA helyett Kruskal–Wallis-tesztet alkalmaztunk. Mivel ez a teszt szignifikáns eltéréseket jelzett a szakok között, a Dunn-tesztet használtuk annak meghatározására, hogy konkrétan mely szakok teljesítménye tér el szignifikánsan.

Összefoglalva, a Kruskal–Wallis H-teszt szignifikáns különbséget mutatott ki a függő változóban (CTt) a különböző csoportok között, $\chi^2(5) = 17.22$, $p = .004$. A Bonferroni-korrekciónal módosított, 0.0033-as alfa szint mellett végzett Post-Hoc Dunn-teszt azt mutatta, hogy az informatika és mechatronika, illetve az informatika és gépészmérnöki szakok CTt teljesítményei szignifikánsan különböznek egymástól. Jelentős eltérést találtunk akkor is, amikor a számítástechnika szakot hasonlítottuk össze a mechatronika és gépészmérnöki szakokkal.

Ugyanezt az elemzést elvégeztük tanszékek szerinti bontásban is. A következő eredményhez jutottunk: A Kruskal–Wallis H-teszt szignifikáns különbséget jelzett a függő változóban (CTt) a különböző tanszékek (informatikai, villamosmérnöki, gépészmérnöki) között, $\chi^2(2) = 16.2$, $p < .001$. A Bonferroni-korrekciónal módosított, 0.017-es alfa szinttel végzett Post-Hoc Dunn-teszt azt mutatta, hogy az informatikai és a gépészmérnöki, valamint a villamosmérnöki és a gépészmérnöki tanszékek CTt teljesítményei szignifikánsan különböznek egymástól.

5. DISZKUSSZIÓ ÉS KÖVETKEZTETÉSEK

A vizsgálat célja az volt, hogy feltárja az elsőéves STEM hallgatók kognitív képességeit három teszt segítségével: a kognitív alkalmassági teszt (CA_t), a folyékony intelligenciát mérő Raven-féle Progresszív Mátrix Teszt (RPM_t), és a számítógépes gondolkodási teszt (CT_t). A kutatás azt is vizsgálta, hogy ezek a tesztek milyen mértékben korrelálnak egymással, illetve milyen eltérések mutatkoznak a különböző szakok és tanszékek hallgatói között.

A CA_t eredmények kapcsán megjegyzendő, hogy a használt teszt egyik sajátossága abban rejlik, hogy jelentős mértékben méri a kristályosodott intelligenciát, amely főként az iskolai tanulmányok, tapasztalatok és kulturális háttér hatására alakul ki, és gyakran magában foglal nyelvi, szókincsbeli és általános műveltségi elemeket. A viszonylag alacsony CA_t eredmények összhangban lehetnek azzal, hogy a vizsgálati mintánkat nem a középiskolai tanulmányaikban legjobb eredményeket elérő diákok alkották. Ugyanakkor a folyékony intelligenciát mérő RPM_t teszten elért magas pontszámok ígéretesek, különösen, ha figyelembe vesszük a CT_t-vel való összefüggést is.

A magas korreláció az RPM_t és a CT_t pontszámok között arra utal, hogy a folyékony intelligencia és a számítógépes gondolkodási képességek erősen összefüggnek. Ez azt jelenti, hogy azok a hallgatók, akik jól teljesítenek az absztrakt problémamegoldást igénylő feladatokban (amelyeket az RPM_t mér), valószínűleg jól boldogulnak a számítógépes gondolkodást és algoritmikus problémamegoldást igénylő feladatokban is (melyeket a CT_t mér). Ez az összefüggés azt sugallja, hogy a magas szintű általános kognitív készségek, mint például a logikus gondolkodás és az absztrakció, elősegítik a sikeres teljesítményt a számítástechnikai és algoritmikus feladatokban, amelyek kulcsfontosságúak a STEM területeken.

Ez a magas korreláció megnyugtató eredmény, mert arra enged következtetni, hogy a folyékony intelligencia alapvető kognitív képességei jelen vannak még azoknál a hallgatóknál is, akik korábban nem tanultak programozást, és ezért gyengébben teljesítettek a számítógépes gondolkodási teszten (CT_t). A mechatronikai és gépészmérnöki szakok hallgatói, akiknek többsége nem rendelkezett programozási tapasztalattal, magas RPM_t eredményeket értek el, ami arra utal, hogy rendelkeznek azokkal az alapvető gondolkodási készségekkel, amelyek fejleszthetők, és amelyek később segíthetik őket a programozási és algoritmikus problémamegoldási képességeik javításában.

Az, hogy a CT_t-n jól teljesítők között többen már tanultak programozást, azt is mutatja, hogy a programozási tapasztalat hozzájárul a számítógépes gondolkodás fejlesztéséhez. Ugyanakkor a magas RPM_t eredmények azt sugallják, hogy a kevésbé tapasztalt hallgatók is képesek lehetnek gyors fejlődésre ezen a területen, ha megfelelő oktatást és támogatást kapnak.

Az a tény, hogy a CT_t eredmények magasak az informatika és számítástechnika szakokon, ahol dominánsan szükség van a számítógépes gondolkodásra, azt mutatja, hogy összeségében a diákok megfelelően választották meg tanulmányaikat a képességeik és érdeklődésük alapján. Ez azt is sugallja, hogy a diákok jól ismerik a választott szakma követelményeit, ami az oktatási rendszer hatékonyságára is utalhat, mivel segíti a hallgatókat abban, hogy olyan területekre orientálódjanak, ahol már meglévő készségeikre építhetnek, és így nagyobb eséllyel sikeresek lehetnek.

Összességében ezek az eredmények megnyugtatóak a Sapiientia EMTE Marosvásárhelyi Karának STEM tanszékei számára is, hiszen arra utalnak, hogy a tanterveik összhangban állnak a hallgatók képességeivel és érdeklődési területeivel, legalábbis a 2024–25-ös tanév esetében. A Kar már fel is használta a teszteredményeket, hogy kiegyensúlyozottabb hallgatói kiscsoportokat alakítson ki a gyakorlati órákhoz.

IRODALMI HIVATKOZÁSOK

- [1] Navy, S. L., Kaya, F., Boone, B., Brewster, C., Calvelage, K., Ferdous, T., ... & Zimmerman, M. (2021). "Beyond an acronym, STEM is...": Perceptions of STEM. *School Science and Mathematics*, 121(1), 36-45.
- [2] Wang, C., Shen, J., & Chao, J. (2022). Integrating computational thinking in STEM education: A literature review. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 20(8), 1949-1972.
- [3] Woods, S. A., & Patterson, F. (2024). A critical review of the use of cognitive ability testing for selection into graduate and higher professional occupations. *Journal of Occupational and Organizational Psychology*, 97(1), 253-272.
- [4] Zhong, M., Yeung, E. K. L., Siu, C. T. S., Chan, M. H., & Cheung, H. (2023). Mental processes underlying STEM problem solving in exceptional and typically developing children. Available at SSRN 4789715.
- [5] Román-González, M., Pérez-González, J. C., Moreno-León, J., & Robles, G. (2018). Can computational talent be detected? Predictive validity of the Computational Thinking Test. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 18, 47-58.
- [6] Kaplan, R. M., & Saccuzzo, D. P. (2009). Standardized tests in education, civil service, and the military. *Psychological testing: Principles, applications, and*, 7, 325-327.
- [7] Bilker, W. B., Hansen, J. A., Brensinger, C. M., Richard, J., Gur, R. E., & Gur, R. C. (2012). Development of abbreviated nine-item forms of the Raven's standard progressive matrices test. *Assessment*, 19(3), 354-369.
- [8] Schneider, W. J., & McGrew, K. S. (2018). The Cattell-Horn-Carroll theory of cognitive abilities. *Contemporary intellectual assessment: Theories, tests, and issues*, 73-163.
- [9] Piaget, J. (2000). Piaget's theory of cognitive development. *Childhood cognitive development: The essential readings*, 2(7), 33-47.
- [10] CriteriaCorp, <https://www.criteriacorp.com/assess/cognitive-aptitude>
- [11] <https://classicaliqtest.com/raven-test/>