

¹ művésztanár, doktorandusz, Szent István Egyetem Ybl Miklós Építéstudományi Kar, Építészmérnöki Intézet, ELTE PPK, Neveléstudományi Doktori Iskola

² főiskolai tanársegéd, doktorandusz, Budapesti Gazdasági Főiskola, Külkereskedelmi Kar, Módszertani Intézeti Tanszéki Osztály, Debreceni Egyetem, Matematika- és Számítástudományok Doktori Iskola

³ egyetemi tanár, DSc., ELTE TTK, Természettudományi Kommunikáció Központ

A térszemlélet fejlődésének vizsgálata statikus és mozgó ábrás tesztekkel

A térszemléletet főként a Rajz és Vizuális kultúra és a Matematika tantárgy fejleszti, vizsgálata azonban főként rajzos feladatokkal történik. A hagyományos leképező feladatok (csendélet-beállítások lerajzolása, gipszminták másolása, mértani alakzatok axonometrikus ábráinak elkészítése stb.) jól érzékeltetik egy-egy ábrázolási konvenció elsajátítási szintjét, de kevésbé életszerűek, és a teljes képességrendszer feltárására nem alkalmasak. Kutatásunk célja, hogy autentikus feladatokkal, gyakorlásra is alkalmas, fejlesztő értékeléssel, a befogadói és alkotói képességelemek együttes mozgósításával adjunk számot arról, mennyire sikerült ennek a mindennapi gyakorlatban oly fontos képességcsoportnak az elsajátítása.

Az itt bemutatott vizsgálatsorozat a „Vizuális képességek kompetencia alapú mérése” című, a Szegedi Tudományegyetem „Kompetencia alapú mérések fejlesztése” című kutatási programja keretében valósult meg. A munka első szakaszában, 2009–2011 között tizenkét vizuális nevelési szakértő közreműködésével Vizuális Képesség Framework készült, amelyhez 220 feladatot dolgoztunk ki, és 90 feladatot 26 iskolában, az 1–6. osztályban kipróbáltunk (Kárpáti és Pethő, 2011; Kárpáti és Gaul, 2011; Pataky, 2012). A mintegy 5000 tanulói munka értékelése alapján finomítottuk a kompetenciarendszert, és 2012–13-ban a mindennapi vizuális nyelvhasználat szempontjából alapvető térszemlélet és vizuális kommunikáció képességelemeihez az eDIA keretrendszerben online értékelésre alkalmas feladatokat fejlesztünk.

Ez a tanulmány a hazai tantervelemzések és nemzetközi mérések követelményrendszer alapján mutatja be a térszemlélet mérhető összetevőit, majd a 4., 5. és 6. osztályosok számára kidolgozott feladatokat mutatunk be. A mérendő tartalmat nem fogalmak, szabályok és technikák, hanem a tárgy-kultúra, építőművészet és vizuális kommunikáció alkotói és befogadói tevékenységei adják. A térszemlélet 10-12 évesek körében válik először mérhetővé (Séra, Kárpáti és Gulyás, 2001). A Vizuális Framework téri kompetenciáit bővítettük, és a magyar tantervekben leírt tevékenységekkel azonosítva, az alábbi szerkezetben vizsgáljuk:

A) Térérzékelés (felismerési, befogadó képességek)

1. Térbeli helyzetek, viszonylatok, irányok érzékelése: *távolságok, méretváltozások, térbeli irányok* érzékelése; az elemek egymáshoz és a tér egészéhez fűződő *viszonylatainak* érzékelése;
2. Térbeli formák szerkezetének, felépítésének értelmezése: szerkezeti elemek kapcsolódása (pozitív-negatív viszonylatok), takart tömegek érzékelése, a térbeli struktúra logikája, szabályszerűségei;
3. Tér rekonstruálása: vetületi ábrák, nézetek értelmezése, metszetek alapján következtetés a térbeli kiterjedésre, redukált képek alapján következtetés a látvány térbeli megjelenésre (pl.: sziluettek, térképek, műszaki és magyarázó ábrák).

Mindhárom feladattípuson belül vizsgálhatjuk a téri emlékezetet, az időben lezajló, a mozgás vagy mozgatus által változó térélmények észlelésének képességét is.

B) Téralakítás (transzformációk, manipulációk)

4. A belső látással végrehajtott műveletek: felosztás, forgatás, elmozgatás, hajtogatás, tükrözés, konstruálás.

A térszemléletnek fejlődésén kívül kutatásunk fontos módszertani kérdése, hogy mennyire hitelesek a nem autentikus (síkbeli tesztekkel mért) feladatok a téri képességek vizsgálatában. Az eDIA online értékelési keretrendszerbe¹ tehát nemcsak ArchiCAD szoftverrel rajzolt síkbeli, de a GeoGebra szoftverrel² szerkesztett, manipulálható, térhatású ábrákat is felhasználunk azonos képességelemek hasonló módszerekkel történő mérésére. A tesztek pilot vizsgálata jelenleg tart, az alábbiakban egy-egy téri képességelem vizsgálata alapján számolunk be a kétféle képességvizsgálati módszer sajátosságairól a vizuális képességek fejlődésének kitüntetett korszakában, 10-12 éveseknél, a rajzi nyelvváltás („törés”) idején. Ebben a közleményben a statikus és dinamikus tesztekkel végzett vizsgálatok első eredményeit adjuk közre.

A térszemlélet fejlődésének vizsgálata statikus ábrákból álló, online tesztekkel

Az egyes feladattípusok kidolgozása előtt elemeztük az 1–6. osztályok Rajz és vizuális kultúra alap- és kerettanterveit, valamint helyi tanterveket, az alap és művészeti tagozatos képzések dokumentumait.³ A vizsgálat során évfolyamonként kerültek meghatározásra a térszemlélethez köthető tartalmak megjelenése, valamint azok aránya, súlya az adott tanterveken belül. Az elemzések adataira támaszkodva behatároltuk a mérni kívánt kompetenciák körét, melyeknek meghatározásait össze kellett hangolnunk a pszichológiai vizsgálatok jellemzően matematikai, geometriai fogalmi rendszerével (pl. Bertoline, 1998; Séra, Kárpáti és Gulyás, 2002).

Az egyes téri képességek beazonosításával (vö. 1. táblázat) feladataink és mérési eredményeink összevethetőek lettek a képességszintdiagnosztikai mérésekben használatos hazai és nemzetközi térszemléleti tesztekkel.

1. táblázat: A téri képességekhez kapcsolódó fogalmak és feladattípusok

<i>Téri problémák vizuális nevelési dokumentumokban:</i>	<i>Téri problémák pszichológiai tesztekben:</i>
A térábrázolási rendszerek ismerete, alkalmazása (vetületi képek, axonometria, perspektíva)	A vetületi és axonometrikus ábrázolások ismerete szükségesek a feladatok értelmezéséhez
Térbeli helyzet, viszonylatok érzékeltetése síkban	A térábrázolási konvenciók ismerete szükségesek a feladatok értelmezéséhez
Térbeli kiterjedések minőségének értelmezése (pl.: pozitív-negatív, nyitott-zárt)	összeillesztési feladat, forma szintézis, beágyazott forma felismerése
Téralakítás, -tervezés, konstruálás	téri relációk, mentális papírhajtogatás
Térbeli tájékozódás	téri orientáció, téri reprezentáció
Rekonstrukció	térbeli felismerés, mérnök rajz
Térbeli formák szerkezeti felépítésének, elemkapcsolatainak értelmezése	mentális metszet, egész-rész viszonylatok
Időben lezajló folyamatok, mozgásjelenségek értelmezése, ábrázolása	vizualizáció, mentális forgatás, mentális transzformáció

A pszichológiai mérésekben többnyire elvont képi gondolkodást igénylő mentális téri műveletek jelennek meg. Ezeket a feladattípusokat a vizsgált korosztályoknak, az online környezetnek megfelelő átalakításokkal vettük át, és további, pedagógiai szemléletűekkel egészítettük ki. (Séra, Kárpáti és Gulyás, 2001) Az általunk fejlesztett, új tesztfeladatok a mindennapi életben előforduló téri problémák megjelenítésére koncentrálnak, és közelebb állnak a vizuális oktatás gyakorlatához. Kiemelt szempont volt az is, hogy a teszt kitöltése élvezetes legyen a gyermekek számára, hiszen a későbbiekben tanulási felületként is használni szeretnénk az alkalmazást (Sutton, Heathcote és Bore, 2007).

A gyermekeket önmagában is motiváló online környezetnek számos előnye jelentkezhet a papíralapú mérésekkel szemben. (A tesztek beválasztásvizsgálataiban ezért hasonló mintán online és papíralapú méréseket is végeztünk). A gyorsabban, nagyobb számban elvégezhető mérések megbízhatóbb eredményeket hozhatnak, és a teljesítmények országos szintű összevethetősége feltehetően aktivizálni fogja a téri képességek fejlesztésének igényét. A multimédiás eszközök bevonása nem csak látványossá teszi a feladatokat, hanem segítheti azok megértését. A hangalámondások biztosítják, hogy a térszemléleti képességek mérésekor kizárhassuk az olvasási, szövegértési nehézségekből adódó tényezőket. Emellett az összetettebb, több lépésben megoldható vagy bonyolultabb szövegezésű feladatokat mintapéldák vezetik be, így vizuálisan is értelmezhetővé válnak. A digitális képalkotási technikák lehetőséget nyújtanak a minket körülvevő valós teret élethűen visszaadó, az összetettebb térbeli szituációkat, helyzeteket pontosabban megjelenítő tartalmak létrehozására. Ezeknél a feladattípusoknál imitálni tudunk olyan életszerű helyzeteket, téri problémákat, amelyekkel naponta találkozunk. Az Elektronikus diagnosztikus mérési rendszerrel (eDIA)⁴ adaptív módon értékelhetjük a téri képességeket, nyomon követhetjük az egyéni fejlődési ütemeket és személyre szóló tanítási-tanulási folyamatokat tervezhetünk.

A mérésben szereplő, 10-12 évesek számára készült feladatokat⁵ a meghatározott téri képességek alapján négy csoportba soroltuk:

1. Térbeli helyzetek, viszonylatok, irányok érzékelése

Az első csoport olyan feladatokat tartalmaz, amelyeknél a gyermekeknek tájékozódniuk kell egy valós épített környezetet imitáló virtuális térben. A feladat megoldásához érzékelniük kell a térbeli objektumok egymáshoz viszonyított távolságát, méretét, helyzetét

a térben elfoglalt saját pozíciójukhoz képest. A feladatok a gondolatban bejárt útvonalak kapcsán létrejövő helyzetváltoztatásokkal válnak egyre bonyolultabbá. A pszichológiai tesztekben téri orientáció és téri reprezentáció néven szereplő feladatok gyakran a mentális forgatási műveletekkel kapcsolódnak össze, így tesztjeinkbe is beillesztettük ezeket.

2. Térbeli formák szerkezetének, felépítésének értelmezése

Ebben a csoportban feltárhatóak a konkáv-konvex térbeli formák kiterjedésének észlelése, a takart formák érzékelése, szabályos és szabálytalan struktúrák megfigyelése, a szerkezeti elemek közötti kapcsolat értelmezése. Ezeknek a képességeknek a hiánya legtöbbször rejtve marad az általános iskolai tanulmányok alatt és csak egy későbbi időszakban, például a szakképzésben és mérnökképzésben szembesülünk vele, amikor már csak lassan, nagy nehézségek árán fejleszthetőek.

3. Tér rekonstruálása

A rekonstrukciós feladatoknál egy térbeli szituációt (3D) kell felismerni és gondolatban felépíteni vetületi képek, metszetek, alaprajzok, homlokzatok, piktogramok (2D) alapján. Megoldásuk akkor okoz problémát a gyermekek számára, ha elvont tárgyakat, objektumokat kell beazonosítaniuk, ezért könnyen felismerhető formákat alkalmaztunk (pl.: épület). Nehézséget jelenthet továbbá a különböző ábrázolási rendszerekben való egyidejű tájékozódás kényszere, az igazodási pontok megtalálása, vagyis a nézőpont érzékelése és az ábrák vízszintes–függőleges–ferde helyzete.

4. Mentális manipulációk, transzformációk

Különböző mentális műveletek végrehajtását igénylő feladat készült ehhez a csoporthoz: forgatás, metszés, elmozgatás, tükrözés, összeállítás és konstruálás. A nehézségi szintek behatárolása kétféle módon történt. Egyfelől a formák bonyolultsági foka határozta meg (elvontság, felismerhetőség, ill. egymáshoz viszonyított hasonlósága az alakzatoknak), másfelől a műveletek egyszerűsége vagy éppen összetettsége (pl.: magasabb nehézségi szintet jelent, ha több irányba történik a forgatás).

A pilot vizsgálat mintája és a mérés lefolytatása

Méréseket két iskolában, 250 (4–6. osztályos) gyermek részvételével végeztünk. A három évfolyamon 6 eltérő térszemléleti teszt került kipróbálásra. A 4. osztályokban 11, az 5. osztályokban 12, a 6. osztályokban 13 feladatot oldottak meg, melyek egyenként 1 és 6 közötti itemet tartalmaztak. A tesztek mellett minden gyermek kitöltött egy 16 kérdésből álló háttérkérdőívet is. Ebben a felmérésben adatokat kaptunk a tanulók családi háttéréről, tanulmányi eredményeiről, tanórán kívüli foglalkozásokon való részvételéről, bal- és jobbkezességéről.

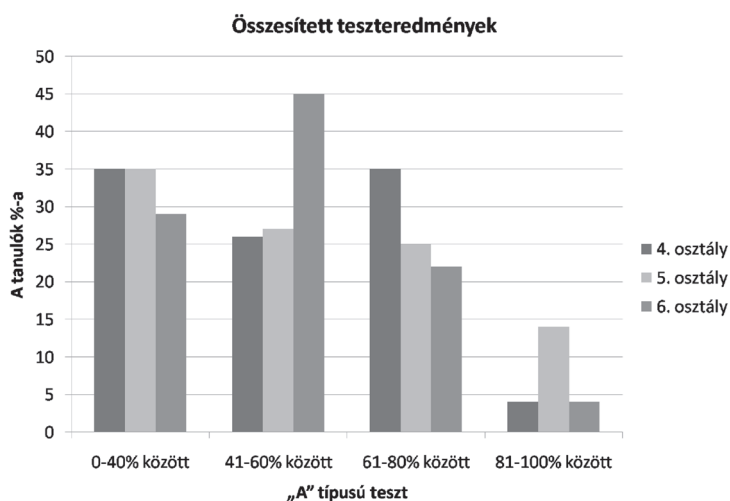
A statikus ábrákból álló tesztek mintavétele egyrészt online módon, másrészt papíralapon történt. Az online mérések során a gyermekek számával megegyező, internetkapcsolattal rendelkező számítógépet kellett biztosítaniuk az iskoláknak, valamint előzetesen regisztrálniuk kellett a teszt kitöltésében résztvevő gyermekeket. A papíralapú mérések esetében projektorral vetítettük ki a feladatokat, és egy űrlap kitöltésével történt meg

a válaszadás. Egyik mintavételnél sem alkalmaztunk időkorlátot, azonban a feladatok megoldási sorrendjének megválasztására, a feladatok utólagos javítására csak az online felmérés esetében nyílt lehetőségük a gyermekeknek.

A teszt kitöltése előtt ismertettük a legfontosabb tudnivalókat, és a mérés időtartama alatt felmerülő kérdésekre is válaszoltunk. A feladatok megoldása évfolyamoktól függetlenül, átlagosan 15–30 percet vett igénybe. A mérések során feljegyeztük, hogy milyen kérdéseket tesznek fel a tanulók a feladatokkal és a megoldás módjával kapcsolatban. Figyeltük azt is, hogy mennyire motiváltak a teszt kitöltésekor, mely feladatok megoldása volt élvezetes számukra. Rögzítettük továbbá a mérések során felmerült technikai jellegű problémákat és az elhárításuk érdekében tett intézkedéseket.

A pilot vizsgálat eredményei

Az egyes évfolyamok tesztszei a feladatszám növekedése mellett eltérő nehézségi szinteket is takarnak. Jelentős mértékben a 6. osztályosok feladatai különböznek az alatta lévő két évfolyamétól, a példákban szereplő formák nehezebben értelmezhetőek, és a mentális téri műveletek is összetettebbek. Az elért eredményeket összesítő diagram (1. ábra) segítségével jól érzékelhetők a tesztek nehézségi szintjei és az adott korcsoport közötti összefüggések.



1. ábra: A statikus ábrákat alkalmazó teszteken elért eredmények évfolyamonként

0–40% között: 4. és 5. osztályokban a tanulók 35%-a számára jelentett problémát a feladatok megoldása, míg a 6. osztályban 29%-ra csökkent ez az arány. Az eredményeik alapján ebbe a csoportba kerülő gyermekek jellemzően már értelmezni sem tudták a feladatokat. A felmérés során megfigyelhető volt az a jelenség, hogy a gyengébben teljesítő tanulók a teszt elején megjelenő bonyolultabb feladattípusok hatására már a későbbi, könnyebben megoldható feladatoknál sem voltak motiváltak. Ennek következtében figyelmi problémák, dekoncentrátság is áll a gyengébb eredmény háttérében.

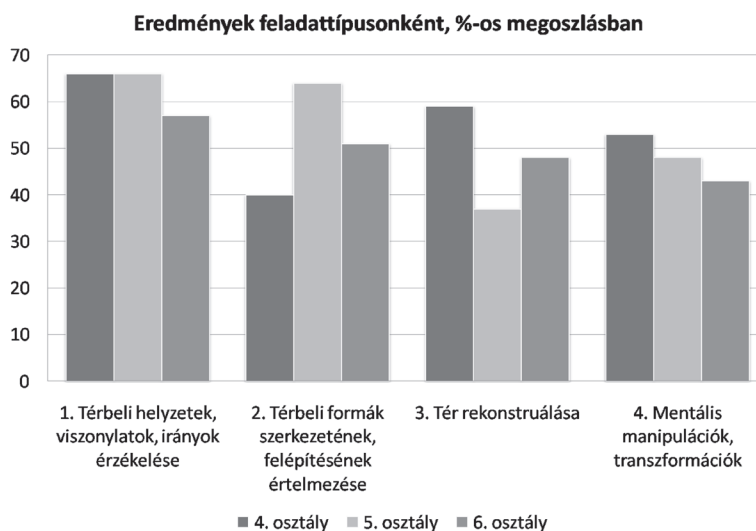
41–60% között: ebben a csoportban a gyermekek értelmezni tudták, és megoldották azokat a téri problémákat feldolgozó feladattípusokat, amelyekkel a mindennapi életben is gyakran találkozhatnak. Nehézséget az elvont képi gondolkodást igénylő, mentális

téri műveletek jelentettek számukra. A mentális forgatási, transzformációs műveletek végrehajtása a hazai és nemzetközi mérések alapján a felsőbb osztályokban és a felnőtt korosztályban is problémát okoznak. Ezekkel a feladatokkal tesztleink pontosan differenciálják az átlagos és a kiemelkedő térszemléleti képességű tanulókat. A 6. osztályosok kiugróan nagy arányát az okozza, hogy a mentális műveletek hangsúlyosabban jelennek meg (magasabb pontszámokkal), és komplexebb feladattípusokban, mint a 4–5. osztályokban.

61–80% között: a 4. osztályosok, a teszt összeállításánál feltételezett teljesítményhez képest jobb eredményeket értek el. A mentális forgatási műveletekhez kötődő feladattípusok, az általunk alkalmazott átalakításokkal, például könnyen beazonosítható, kevésbé elvont formákkal jól alkalmazhatóak a 10–12 éveseknél is. Ebben a csoportban a tanulóknak nem okozott problémát a feladatok megértése és bonyolultabb példákat is sikeresen megoldottak, ha nem is teljes biztonsággal.

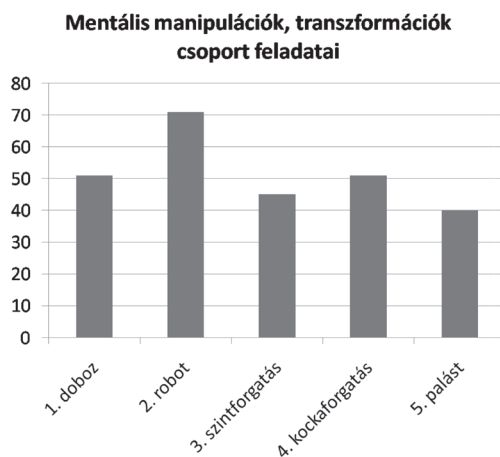
81–100% között: a tesztek alkalmasnak bizonyultak a legtehetségesebb gyermekek kiválasztására. A legfrissebb kutatások alapján nem csak a természettudományos és műszaki pályán való sikeresség szempontjából adnak a matematikai és verbális képességek méréseknél is megbízhatóbb előrejelzést a téri képességeket felmérő tesztek, hanem a kreativitást, innovatív személyiséget igénylő területeken is (Lubinski, 2010). Az „A” és „B” teszt variációkat is figyelembe véve a 4. osztályokban 2 fő, az 5. osztályokban 8 fő, a 6. osztályokban 4 fő teljesített 80% felett (1 vagy 2 hibás válaszadással), vagyis összesen 16 fő eredménye volt kiemelkedő, az életkori elvárásokat meghaladó. A legjobb eredményt a 6. osztályban érték el (96%).

A következőkben feladattípusonként közöljük az eredményeket. A csoportok szerinti elemzésnél figyelembe kell vennünk, hogy többféle típust tartalmaznak, és egy-egy feladat jelentősen módosítja az eredményeket. (2. ábra) Egyrészt az 5. és 6. osztályokban a rekonstrukciós példánál mentális forgatást is végre kell hajtani, a térbeli formák szerkezetének elemzése pedig több helyen összekapcsolódik mentális transzformációs műveletekkel. Ennek következtében a 2. és 3. csoportok alacsonyabb %-os arányt mutatnak a valós helyzetnél.



2. ábra: A négy feladattípus eredményei osztályonként, %-os megoszlásban

Másfelől eltérő nehézségi szintű feladatokból tevődik össze egy-egy csoport, például a mentális manipulációk, transzformációk magas %-os arányát az összes tesztben szereplő, egy viszonylag egyszerű mentális forgatási műveletet igénylő feladat eredményezi (3. ábra).



3. ábra: mentális műveletek végrehajtásai igénylő feladatok eredményei, %-os megoszlásban

A diagramról leolvasható, hogy a legkönnyebb és legnehezebb feladattípusok eredményei között akár 31%-os eltéréssel is számolnunk kell. A térbeli tájékozódáshoz kapcsolódó feladatok bizonyultak a gyermekek számára legkönnyebben megoldhatóknak mindhárom évfolyamon. A legjobb eredmény a feladatonkénti bontásban is ehhez a csoporthoz kötődik 84%-kal, és itt a legalacsonyabb teljesítmény is eléri a 47%-ot. Ezek a feladattípusok életszerű téri helyzeteket imitálnak, látványos megjelenésűek, a gyerekek élvezettel oldották meg őket. Más feladatokkal kapcsolatban is szembeötlő volt, hogy a motiváltság milyen jelentős mértékben javította a teljesítményt.

A statikus térszemlélet-vizsgálatok első tapasztalatai

A mintavétel módja nem befolyásolta számottevően teljesítményt, az online mérések néhány százalékkal mutattak jobb eredményeket, mint a papíralapú mérések. Ebben nagy szerepe lehetett annak, hogy a feladatokat azonos formában, színesen kivetítve látták a papíralapú tesztek esetében is, és csak a válaszadás történt a hagyományos módon.

A gyermekek motiváltak voltak a tesztek kitöltésekor, a mérések során sikerült oldott léggömböt kialakítani, bizalommal fordultak hozzánk kérdéseikkel. Néhány feladat esetében hosszúnak, bonyolultnak találták a feladatleírásokat, ezeket célszerű kizárólag vizuálisan értelmezhetővé alakítani. A tesztek nehézségi szintjeit érdemes lenne közelíteni egymáshoz, mert a 6. osztályosok számára készült feladatok értelmezése, megoldása arányaiban több problémát okozott, mint a másik két osztálynál.

A tesztek alkalmasnak bizonyultak a tanulók téri képességek alapján történő differenciálására, jól elkülöníthetővé váltak a gyenge, átlagos, átlag fölötti és kiemelkedő teljesítmények. Az egyes részképességek elkülönített feladatokban történő vizsgálata lehetővé teszi, hogy a pedagógusok átfogó képet kapjanak arról, melyek igényelnek nagyobb figyelmet az adott korcsoportban és tanulónként egyaránt. Reményeink szerint a mérések ösztönzően hatnak ennek a jelentős és a mindennapok során nélkülözhetetlen vizuális területnek a fejlesztésére.

A térszemlélet fejlődésének vizsgálata dinamikus ábrákkal, a GeoGebra szoftverrel

A GeoGebra egy olyan dinamikus matematikai program, melyet készítője, Markus Hohenwarter eredetileg középiskolai oktatási segédletnek szánt, de ma már szinte minden korsztály oktatásában sikerrel alkalmazzák. A GeoGebra témájában kapcsolódik a geometriához, az algebrahoz, az analízishez, a statisztikához, és még a fizika egyes területeinek tanításában is alkalmazható. A GeoGebra egyrészt egy dinamikus geometriai program, másrészt pedig egy számítógépes algebrai rendszer, s legújabb verziója már egy egyszerű táblázatkezelőt is tartalmaz. Talán legfontosabb tulajdonsága, hogy összekapcsolja az objektumok különböző reprezentációit, geometriai megjelenítését és algebrai leírását.

Az évek során számtalan nemzetközi díjjal is jutalmazták. Sikerét többek között annak köszönheti, hogy nyílt forráskódú, és tetszőleges Java futtatására alkalmas platformon telepíthető. Legfontosabb előnye azonban talán mégis az, hogy használatát, az alap funkcióinak működését szinte bárki pár óra alatt el tudja sajátítani.

Az, hogy a GeoGebra egy dinamikus szerkesztő rendszer, azt jelenti, hogy a felhasználó a programmal egy virtuális szerkesztőkészletet kap, amelynek segítségével elkészítheti a középiskolai szerkesztések bármelyikét. A papíron végzett szerkesztésektől eltérően a kiinduló objektumok (pontok, egyenesek stb.) a szoftverben szabadon mozgathatók, miközben a tőlük függő objektumok a geometriai kapcsolatok alapján velük együtt mozognak.

A szoftver segítségével különböző műveleteket és absztrakt fogalmakat szemléltethetünk a diákok számára, oly módon, ahogy hagyományos eszközökkel csak nehezen vagy egyáltalán nem lehetséges. A GeoGebra segítségével a diákoknak lehetőségük nyílik a kísérletezgetésre, a felfedező tanulásra. A GeoGebra a tárgyi feltételek és a módszertani célok függvényében több módon is alkalmazható az oktatásban. Egy számítógép és egy projektor segítségével szemléltethetünk az egész osztálynak, ami interaktív táblát használva talán még könnyebben követhető a diákok számára. Ha lehetőségünk nyílik gépteremben dolgozni, akkor minden tanuló önállóan (vagy párban/csoportban) dolgozhat, s akár mindenkinek különböző interaktív feladatlapot készíthetünk.

Esetünkben a fentebb említett előnyöket a tanulók fejlesztésén túl a téri képességeik feltérképezésére is használjuk. A statikus tesztek GeoGebrás adaptációiban a dinamikuság, interaktivitás, animálási lehetőségek teljesen új környezetbe helyezik a tesztelési folyamatot. Jelenleg a GeoGebra 5.0 támogatja a térbeli objektumok dinamikus megjelenítését, azonban ez a lehetőség még korlátozott bizonyos szempontokból. A 4.x verziók nem támogatják a 3D-s megjelenítést, azonban ezen némi ábrázoló geometriai és komputergrafikai ismeretekkel könnyen segíthetünk. Így olyan dinamikus térteszt-adaptációkhoz jutunk, melyben a kétféle lehetőség előnyeinek ötvözése jelenik meg.

A GeoGebrás tesztfeladatok használata többféle módon is megvalósulhat: installálva, installálás nélkül („hordozható” verzió), illetve web böngészőben futtatva (webapplet), mindezekon túl online környezetben (eDIA, tereszt.eu) vagy helyi gépről futtatva a dinamikus munkalapokat (az egyes oktatási intézmények technikai lehetőségeihez mérten).

Feladattípusok a GeoGebrás vizsgálatban

A dinamikus teszt egy olyan munkalappal indult, mely bemutatja a tanulóknak a dinamikus mozgatási lehetőségeket. Ez háromféleképpen valósul meg: csak függőleges forgatási lehetőség (a feladat koncepciója miatt), teljes forgatási lehetőség a 2D-s nézetben (bevezetett referenciaponttal), illetve teljes forgatási lehetőség a 3D-s nézetben (jobb egérgomb nyomva tartása mellett).

Következő feladatként két egyforma alakú építőjátékról kellett eldönteni, hogy azok hány kockába férnek el minimálisan (1, másfél vagy 2). A bevezető feladat tartalmaz egy mintapéldát, beépített megoldási lehetőséggel, ahol a 2 építőelemet szabadon lehet egymáshoz illeszteni, illetve beleforgatni a minimális nagyságú kockába.

3 tipikusan nehéz problémát is kaptak a tanulók dinamikus formában, talán ennél a feladattípusnál volt a legszembetűnőbb a dinamikus rásegítés lehetőségének pozitív hatása: kockák felületére rajzolt útvonalról kellett megállapítani a tanulóknak, hogy a kiterített hálójukon hogyan néz ki ez az útvonal. Igen erőteljes mentális műveletek végrehajtását igényli ez a tanulóktól. A kocka forgatható volt, illetve tartalmaz a munkalap még egy teljesen kidolgozott mintapéldát is. Több probléma kapcsolódott egy kocka szintjeinek különböző forgatási lehetőségeihez. Itt csak negyed fordulatok voltak engedélyezve, kidolgozott dinamikus mintapéldával megtámogatva. Az utolsó előtti tesztek is kockához kapcsolódtak: katicák mozogtak egy felosztott kocka drótváz-modelljének élein. meg kellett határozni, hogy melyik katica tette meg a hosszabb útvonalat. A kocka itt is forgatható volt tetszés szerint. Utolsó feladatként térrekonstrukciós feladat volt: egy épület helyes alaprajzát kellett kiválasztani 4 lehetséges megoldás közül. Az épület teljesen forgatható volt a beépített 3D-s nézetben.

A statikus feladatok nyomán készített dinamikus ábrák öt téri képességet vizsgáltak:

- Térátalakítás (transzformációk, manipulációk)
- Térbeli formák szerkezetének, felépítésének értelmezése (és alakítása)
- Térbeli helyzet érzékelése
- Térábrázolási rendszerek
- Tér rekonstruálása

A feladatok mérték tehát a méretváltozásokat, a térbeli viszonyok érzékelését, az ezek alapján való következtetések levonását, távolságok érzékelését a térben, szerkezeti elemek kapcsolódását, felosztások, forgatások, elmozgatások, hajtogatások végzését és a rekonstruálás műveletét is.

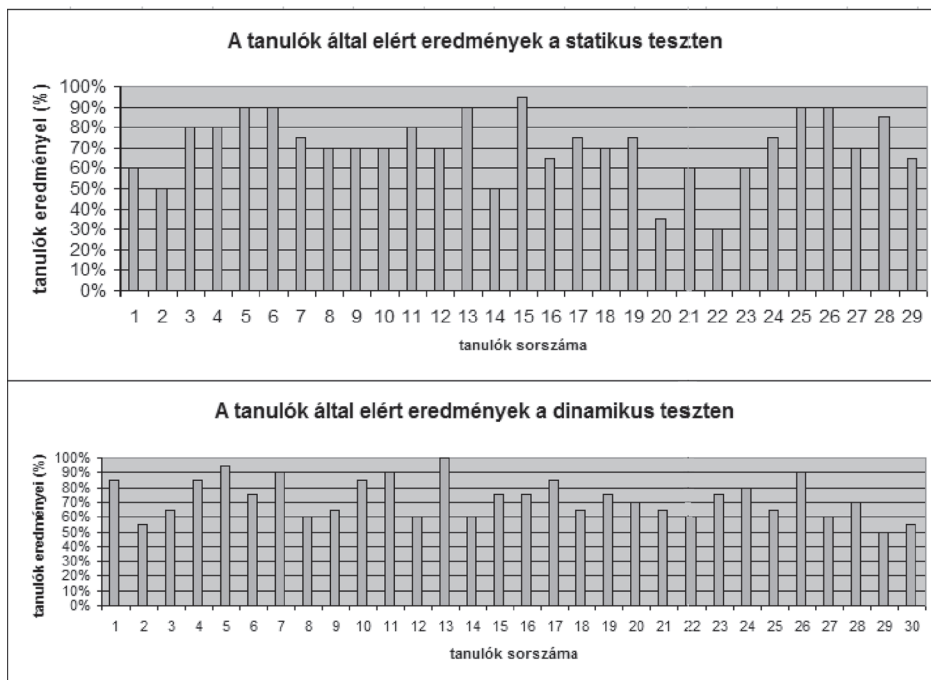
A pilot vizsgálat mintája és a vizsgálat menete

Az előzetes tesztelésben 59 fő 6. osztályos tanuló vett részt (28 fiú, 31 lány), 2013.06.03-án. A teszt helyszínül a szécsényi (Nógrád megye) II. Rákóczi Ferenc Általános Iskola, Gimnázium és Szakközépiskola szolgált, ahol a 6. osztályosok a 8 évfolyamos gimnáziumi képzésben vesznek részt. Az oktatási intézmény minőségi szempontból az ország átlagának felel meg, azaz teljesen általános képességű 6. osztályosokon történt a tesztelés. Technikai okok miatt nem lehetett az eDIA rendszert (ahol a nagyméretű teszt fog megvalósulni) használni a tesztelésre, így papíralapon történt, illetve a GeoGebrás munkalapok helyi gépekről futottak (nem hálózaton keresztül), a válogatott tesztfeladatokat sorrendben egy prezentáció tartalmazta. Az elkészített tesztfeladatok adatbázisából összességében 11 feladatot választottunk ki előtesztelés céljából, kiegészítve néhány mintapéldával. 29 tanuló a statikus tesztsort töltötte ki, 30 tanuló pedig a dinamikus, GeoGebrával készült munkalapok alapján oldotta meg a téri problémákat.

A tanulók mindegyike rendelkezik otthon számítógéppel, interneteléréssel, és napi szinten rendszeresen használják is, mintegy 3-4 óra hosszat. A tesztelésben részt vett tanulók találkoztak már matematikaórán a GeoGebrával, sőt otthoni használat is előfordult, ezért a digitális tesztek kitöltése nem okozott nehézséget. Későbbi méréseinkben harmadik adathordozóként alkalmazni szándékozunk az eDIA online értékelési rendszert is, amely statikus ábrás térszemlélet tesztjeinket ilyen formában is összehasonlíthatjuk az azonos tartalmú és megformálású, de dinamikus, manipulálható ábrákat tartalmazó mérőeszközökkel.

A pilot vizsgálat eredményei

Az alábbi két ábra bemutatja az egyes tanulók által elért eredményeket %-os formában (4–5. ábra):



4. ábra (fent): A tanulók által elért eredmények a statikus teszten

5. ábra (lent): A tanulók által elért eredmények a dinamikus teszten

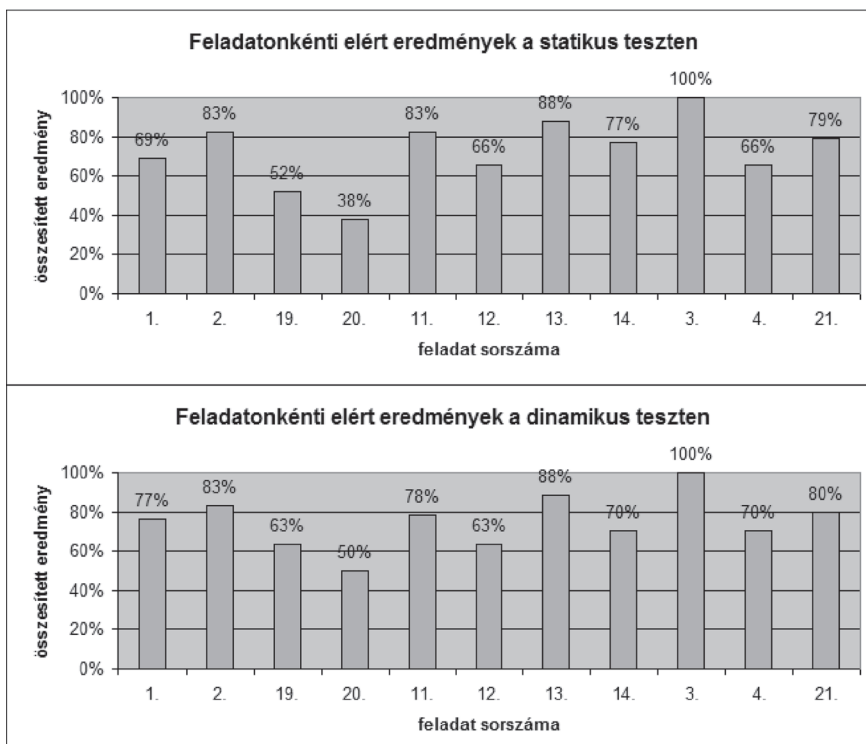
A statikus teszten elért eredmények átlaga 71,21%, 0,16 szórással, ami az adott életkorra jellemző pszichológiai tulajdonságokat figyelembe véve megfelelőnek mondható. A dinamikus teszten elért átlageredmény is hasonlóan alakult, 72,83%-os lett, 0,13 mértékű szórással.

A legjobb eredmény a statikus teszten 95%-os volt, ezután 4 tanuló 90%-os eredményt ért el. A dinamikus teszten a legjobb eredmények: 1 tanuló ért el 100%-os eredményt, ezután 1 tanuló 95%-ost, és 3 tanuló 90%-ost. Mondhatni, hogy a tehetségesebb tanulók hasonlóan teljesítettek.

A statikus teszten a legkevésbé sikerült 30%-os lett, a dinamikus teszten, ugyanezen szempontok alapján 50%-os eredmény mutatható ki. Véleményem szerint az a szempont, hogy a legkevésbé sikerült teszteredmény a dinamikus esetben 66%-kal meghaladja a statikus teszten elért minimum eredményt, jelentős figyelmet érdemelne a nagy mintájú tesztelések során (kimutatható lenne-e, hogy a kevésbé tehetséges tanulók jobban teljesítenek a dinamikus tesztek megoldása során).

A 4–5. ábrák alapján elmondható, hogy csoportátlagok, maximum, terjedelem és szórárs tekintetében nem mutatkozik szignifikáns különbség a statikus és dinamikus tesztek eredményeiben, a legkevésbé sikerült teszteredmény viszont a dinamikus esetben 66%-kal meghaladja a statikus teszten elért minimum eredményt.

Nézzük most részletesebben a kialakult eredményeket a feladatok és a hozzájuk kapcsolódó részképességek tükrében (6–7. ábra).



6. ábra: Eredmények feladatonként a statikus teszten

7. ábra: Eredmények feladatonként a dinamikus teszten

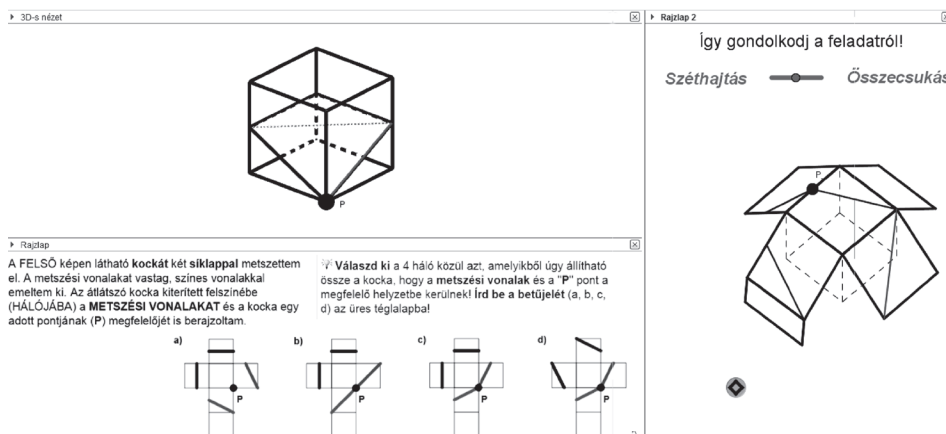
A fenti ábrákon számokkal jelölt feladatok a következő téri képességek méréséhez kapcsolódnak:

- Térátalakítás (transzformációk, manipulációk): 1., 2., 19., 20.
- Térbeli formák szerkezetének, felépítésének értelmezése (és alakítása): 11., 12., 13., 14.
- Térbeli helyzet érzékelése: 3.
- Térábrázolási rendszerek: 4.
- Tér rekonstruálása: 21.

Érdekességgként megemlítendő, hogy a 3. feladatot mindkét teszten mindenki hibátlanul oldotta meg, azaz a katicabogarak útjainak hosszait mindenki pontosan tudta azonosítani. A tanulók állítása szerint az utak egységekre való felosztása segítette őket (ezek alapján minden tanulónak sikerült az útegységek alapján való számlálás).

Jelenlegi vizsgálatunk egyik fő kérdése az volt, hogy a tesztelés dinamikus jellege számottevően befolyásolja-e a tanulók eredményeit az egyes feladatok kapcsán, illetve ha igen, milyen irányban és mértékben. A 6–7. ábrák alapján a következőket állapíthatjuk meg: a térátalakítás képességét mérő feladatok esetében a dinamikus teszten a tanulók jobb eredményeket produkáltak (a 2. feladat esetén ugyanolyan), viszont a térbeli helyzet érzékelése, térábrázolási rendszerek és tér rekonstruálása képességeket mérő feladatokban a tanulók hasonlóan teljesítettek.

Érdeemesnek tartom kiemelni a térátalakítási részképességgel kapcsolatosan a hajtogatás, konstruálás vizsgálatát: egy kocka felületén (lapjain) keresztül leírtunk egy útvonalat, hogyan néz ki ez az útvonal abban az esetben, ha a kocka szét van hajtva (kocka hálóján). Ez az egyik legnehezebb probléma szokott lenni a tanulók számára. Ennél a típusú feladatnál nagyon szemléletesen kitűnik a GeoGebra lehetőségeinek nagyfokú kihasználása (8. ábra):



8. ábra Statikus teszt dinamikus adaptációja

A képernyő 3 részre osztása lehetővé teszi, hogy a feladat leírásán kívül az adott objektum dinamikus megjelenítésén túl egy komoly segítség is helyet kapjon: egy ugyanilyen jellegű, de más paraméterekkel rendelkező feladat és annak megoldása teljes dinamikus környezetben, ami hozzásegítheti a tanulót a feladat hatékonyabb értelmezéséhez.

A 11., 12., 13. és 14. feladatok esetében a statikus tesztet író tanulók eredményei bizonyultak jobbnak. Tanulói vélemények alapján az adott objektum egészének fogatási lehetősége megzavarta a tanulókat abban, hogy egy viszonyítási pontot tudjanak választani, amihez képest végzik az egyes elemek (szintek) forgatást. A forgatási lehetőségnek köszönhetően az egész objektum forgatható volt, ezáltal az alsó szint is különböző nézőpontokban jelenítődött meg, amihez viszonyítani kellett volna a többi szint helyzetét.

A 3. feladat a dinamikus teszten tartalmazta a megoldást is: aki jól forgatta az objektumot, megkaphatta rögtön a végeredményt. Azonban ez a statikus mérésekben is hibátlan eredményt mutat.

A statikus teszt esetében összesen 9 feladat volt javítási szempontból értékelhetetlen (üres vagy nem egyértelmű kitöltés). Ezek mindegyike a térbeli formák szerkezetének, felépítésének értelmezése (és alakítása) részképességet mérték volna. A tanulóknak érdemes lesz megadni nyomatékosabban, hogy tiszta, átlátható munkát végezzenek (ceruza és radír használata ajánlott).

A teszt kitöltésére egy tanóra (45 perc) állt rendelkezésre, ezt a dinamikus tesztet író tanulók ki is használták. A dinamikus, interaktív munkalapokkal való manipulációs lehetőségek tehát a tanulókat ösztönözték arra, hogy egy-egy feladat esetében több időt töltsenek el a probléma elemzésében. A statikus teszt esetében a leggyorsabb tanuló 12 perc alatt, a leglassabb tanuló 25 perc alatt végzett.

A dinamikus térszemlélet-vizsgálatok első tapasztalatai

Többször merült fel a teszt írása során szövegértelmezési kérdés: a tanulók hosszadalmasnak találták a feladat leírását. A teljesen korrekt matematikai feladatmegfogalmazást mindenképp el kell vetnünk, még akkor is, ha a tanuló a tanterv szerint ismerheti az adott szakkifejezést. Ez azonban nem feltételezhető 100%-osan, valószínűleg az ilyen szakkifejezéseket tartalmazó feladatokat pont a korrekt megfogalmazás miatt nem tudná értelmezni. A tanulók a tesztet általánosságban nem találták nehéznek, saját bevallásuk szerint a 19. és 20. feladatok okozták a legtöbb fejtörést a számukra. Ezek azok a bizonyos feladatok, ahol a kocka felületén lévő utat kellett modellezni a kocka kiterített hálóján. Az ezzel ekvivalens feladatok valóban komoly nehézségeket okozhatnak idősebb korosztályú tanulóknak is.

Fontos szempont, hogy a tanulók milyen informatikai előképzettséggel rendelkeznek, ezen belül a GeoGebra esetleges használatára utalva. A jelenlegi 30 tanuló, aki a dinamikus tesztet töltötte, nap mint nap dolgozik GeoGebrában. Bár van egy mozgást és koordinációt segítő munkalap a teszt elején, aki gyakorlottabb GeoGebra-felhasználó, valószínűleg könnyebben használja a program által nyújtott mozgató, forgató lehetőségeket. Hogy pontosan mennyire befolyásolják a GeoGebrás előismeretek a dinamikus teszt megírását, arra a kérdésre is minden bizonnyal választ fog adni az eDIA rendszerben történő nagymintás mérés, amelyben dinamikus tesztünk a rendszer részeként működik majd. Ez a megoldás egyszerre kínál életszerű téri helyzetet és olyan fejlesztési lehetőséget, amely nem csak a jó megoldást, de a hozzá vezető út minden fázisát is bemutatja.

Jegyzetek

¹ Az MTA-SZTE Oktatásméleti Kutatócsoportja által koordinált kutatás (adatok a cikk végén, a Köszönetnyilvánításban) keretében fejlesztett online, interaktív mérési környezetről információk itt: <http://edia.hu/>

² A szoftver magyar oldala: www.geogebra.hu. A GeoGebra alkalmazása térbeli feladatoknál: <http://geogebraTube.com/search/results/uid/UoE6I1dqEN-8AACFS5YwAAABBS2813a237696d>

³ A vizsgálataink megtervezéséhez felhasznált dokumentumok:

Az új Nemzeti alaptanterv vitaanyaga – Vizuális kultúra (A kormány 110/2012 (VI.4.) Korm. rendelete a Nemzeti Alaptanterv kiadásáról, bevezetéséről és alkalmazásáról), *Magyar Közlöny*, 66. szám, 2012. június 4. (10798–10807 old.)

Kerettanterv – Vizuális kultúra (1–4. évfolyam), Vizuális kultúra (5–8. évfolyam), Nemzeti Erőforrás

Minisztérium – *Magyar Közlöny*, 2003/43/II. szám (44–51. és 153–157. old.)

Kerettanterv – Rajz és vizuális kultúra (1–4. évfolyam), Rajz és vizuális kultúra (5–8. évfolyam) (NAT, 2003), Mozaik Kiadó, Szeged, 2004

Kerettanterv – Vizuális kultúra (1–4. évfolyam), Vizuális kultúra (5–6. évfolyam) (NAT, 2007), Nemzeti Tankönyvkiadó (2007), NTK Műhely

Helyi tanterv – Vizuális kultúra (1–4. évfolyam), Vizuális kultúra (5–6. évfolyam), Vizuális kultúra (emelt szintű) (5–6. évfolyam), (2012) Munkácsy Mihály Általános Iskola

⁴ A diagnosztikus mérési környezet leírása: http://www.edu.u-szeged.hu/edia/?q=hu/elektronikus_diagnosztikus_meresi_rendszer

⁵ A térszemléleti tesztek alapját képező képességrendszer összeállítását Kárpáti Andrea, Babály Bernadett és Simon Tünde készítette. A statikus térszemlélet feladatokat Babály Bernadett készítette, Kárpáti Andrea és Sándor Zsuzsa lektorálta.

Irodalomjegyzék

Bertoline, Gary R. (1998): Visual science: An emerging discipline. *Journal for Geometry and Graphics* 2 (2), 181–187.

Budai László (közlésre benyújtva): Development of Spatial Perception in High School With Geogebra. *Teaching Mathematics and Computer Science*.

Kárpáti Andrea & Gaul Emil (2011): A vizuális képességrendszer: tartalom, fejlődés, értékelés. In

- Csapó, B. és Zsolnai, A. szerk. (2011): *Kognitív és affektív fejlődési folyamatok diagnosztikus értékelésének lehetőségei az iskola kezdő szakaszában*. Budapest, Nemzeti Tankönyvkiadó. 41–82.
- Kárpáti Andrea & Pethő Villő (2012): A vizuális és zenei nevelés eredményeinek vizsgálata. In Csapó Benő szerk.: *Mérlegen a magyar iskola*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 451–483.
- Lubinski, David (2010): „Spatial ability and STEM: A sleeping giant for talent identification and development.” *Personality and Individual Differences* 49.(4), 344–351.
- Pataky Gabriella (2012): *A konstruáló képesség*. Eötvös Kiadó, Budapest.
- Séra László, Kárpáti Andrea & Gulyás János (2002): *A térszemlélet. A vizuális-téri képességek pszichológiája, fejlesztése és mérése*. Comenius Kiadó, Pécs.
- Sutton, K., Heathcote, A. & Bore, M. (2007): Measuring 3-D understanding on the Web and in the laboratory. *Behavior Research Methods*, 39 (4), 926–939.

Köszönetnyilvánítás

Az itt bemutatott vizsgálatok a Szegedi Egyetem Oktatáselméleti Kutatócsoportja „Diagnosztikus mérések fejlesztése” című kutatási programja keretében zajlanak, a TÁMOP-3.1.9-11/1-2012-0001. sz. projekt keretében.

A szerzők köszönik Sándor Zsuzsa főiskolai docensnek, az Esterházy Károly Főiskola Comenius Kara, Vizuális Művészeti Tanszéke vezetőjének, hogy szakértőként segítette a feladatok kidolgozását és kipróbálását.