

Alapvető számolási készségek tesztelése papíron és táblázatkezelőben

László Vilmos Csongor¹, Nagy Keve², Csernoch Mária³

¹lvcs@dioszegi-refi.hu, ²nagy.keve, ³csernoch.maria}@inf.unideb.hu

¹Diószegi Kis István Református Két Tanítási Nyelvű Általános Iskola és Alapfokú Művészeti Iskola, Berettyóújfalú, ^{2,3}Debreceni Egyetem Informatikai Kar

Absztrakt. Az általános iskola 2–7. osztályos tanulóinak alapvető számolási készségét vizsgáltuk hagyományos papíralapú és táblázatkezelői környezetben. A papíralapú tesztelés feltételeit először 1971-ben Dr. Nagy József dolgozta ki és publikálta a „Az elemi számolási készségek mérése” című könyvében. A dolgozat egy rendkívül aktuális témát dolgoz fel, mivel széles körben elterjedt az az állítás, hogy nincs szükség a digitális bennszülöttek számítógépes kompetenciájának fejlesztésére. A mindennapi gyakorlat azonban cáfolja ezeket az állításokat. Jelen tanulmányban azt vizsgáltuk, hogy egy hagyományos műveleti sebességet mérő felmérés eredményét hogyan befolyásolja egy általános célú szoftver használata. A kutatás során öt hipotézis vizsgálatára került sor. A tanulmány kitér arra is, hogy hogyan fejleszthető a tanulók digitális kompetenciája, számítógépes gondolkodása annak érdekében, hogy ezen képességek, készségek hiánya ne akadályozza a valódi problémamegoldást.

Kulcsszavak: számolási készségek, hagyományos tesztelés, táblázatkezelői tesztelés

1. Bevezetés

A 21. század által kínált lehetőségek (a számítógépek mindenki számára elérhető volta, a digitalizáció, valamint az IKT környezetbe való mindennapi aktív cselekvésünk) arra ösztönözte a kutatást végző csoportot, hogy a korábbi, Nagy József és munkatársai [1] által kidolgozott alapvető számolási készségeket mérő módszert továbbgondolja és a mai modern technológiák alkalmazásával, valamint új hipotézisek felállításával újraz vizsgálja.

1.1. Az iskola és környezetének bemutatása

Az alapvető számolási készségek tesztelését az Észak-Alföldi régióban elhelyezkedő Berettyóújfalú Kistérség központjában, Berettyóújfaluban lévő Diószegi Kis István Református Két Tanítási Nyelvű Általános Iskola és Alapfokú Művészeti Iskolában végeztük el. Az intézmény a Tiszántúli Református Egyházkerület fenntartásában működik 18 tanulócsoporttal.

A kutatás helyszínéül szolgáló általános iskola a mérés időpontjában 420 tanuló oktatását látta el 1–8. évfolyamon. A mérésben részt vevő tanulók száma a 2–7. évfolyamon 302 tanuló volt. Az általános iskolába 18 településről járnak tanulók. A környező településekről bejáró „vidéki” tanulók aránya a vizsgált időszakban 38%. Az intézményben 54 fő pedagógus dolgozik, hat szakmai munkaközösséget alkotva.

A kutatást érintően két szakmai munkaközösséget emelnék ki. A Reál Munkaközösség, amelyhez a matematika, fizika és a kémia tantárgy tartozik, és amelynek matematikát tanító tagjai végezték el a papíralapú mérést, valamint a Digitális és Innovációs Munkaközösséget, amely a digitális mérés lebonyolításában, az adatok rögzítésében nyújtott nagy segítséget.

1.2. A korábbi tesztelések, mérések bemutatása

A több mint négy évtizeddel ezelőtt elvégzett országos méréssorozat [1] már akkor felhívta a figyelmet arra, hogy a köznevelés területén szükségesek olyan mérések, amelyek a megfelelő elemzése és az azokból levont következtetések nagyban hozzájárulhatnak az oktatás adott területein a minőség és az

eredmények javulásához. Ennek a törekvésnek napjainkban az országos kompetenciamérés feleltethető meg leginkább.

Jelen kutatás tárgya igyekszik leszűkíteni a vizsgált területet a legegyszerűbb, általában mindenkitől elvárhatóan ismert négy alpművelet területén végzett vizsgálatra. A diagnosztikus mérés-értékelés eszközeinek készítésekor a kiindulópont a vizsgálandó terület tartalmi és strukturális elemzése volt.

A Nagy József [1] által kidolgozott mérés elemzése során az elemi számolási készségekkel kapcsolatban megállapítható, hogy az összeadás, szorzás, kivonás és bennfoglalás műveleteit a tanulóknak a begyakoroltság maximális szintjén kell ismerni. Nagy [1] elemi számolási készségekkel kapcsolatos vizsgálata azt mutatja, hogy olyan módszert (módszereket) kell alkalmazni, amely lehetővé teszi a maximális begyakoroltság, illetve ennek színvonalának mérését. Ennek megfelelően, a mérőlapok összeállításánál figyelembe vették a mérendő műveletek fajtáit, a tervezett mérés maximális időkeretét. Végül a mérőlapok tartalmát művelettípusonként 75 db műveletben és a mérés összeitartamát tekintve 10 percen határozták meg úgy, hogy művelettípusonként 1 perc alatt a tanuló hány feladatot tud helyesen megoldani. A teljesítmény mérése során a teljesítmény tempóját és a teljesítmény minőségét vették figyelembe. Vizsgálták annak kérdését, hogy bizonyos elemi műveletek könnyebbek, mások pedig nehezebbek lehetnek a tanulók számára (pl.: $2+2$, $8+7$).

A négy évtizeddel ezelőtt indított országos mérés teszi lehetővé azt, hogy az adott közösségekben végzett mérések eredményei értelmezhetőek legyenek. Ezek viszonya mutatja meg, hogy az adott közösségben végzett mérések alapján a tanuló eredménye hol helyezkedik el az országos átlaghoz viszonyítva, illetve a maximálisan elérhető teljesítményhez képest milyen színvonalon áll.

A mért eredmények osztályzattá való átalakításának kérdése abban a tekintetben merült fel, hogy a tanulók, illetve azok szülei számára egy, a magyar oktatási rendszeren belül már mindenki számára ismert, jól értelmezhető módon kerüljön meghatározásra a tanuló teljesítménye. Így összevethetővé válik a tanítási órákon szerzett érdemjegyek esetleges szubjektív megállapítása, egy az országos mérésen alapuló tényleges teljesítménnyel.

2. Elméleti háttér

2.1. Digitális bennszülöttek

2001-ben Prensky [2] állítása alapján megérkeztek a digitális bennszülöttek, és ők azok a gyerekek, akiknek nincs szükségük formális oktatásra a digitális tanulmányok, az informatika területén. 2006-ban Wing [3] megfogalmazta, hogy a 3R (Reading, wRiting, and aRithmetic) mellett a számítógépes gondolkodásnak kellene a negyedik alapvető képességnek lennie mindenki számára. E két meghatározást figyelembe véve arra következtethetünk, hogy a gyerekek digitális eszközökkel és készségekkel születnek; következésképpen Wing csak összefoglalta a bizonyítékokat. Az éremnek azonban két oldala van. A Prensky által a gyermekekhez állítólagosan társított készségeket és képességeket vizsgálva megállapítható, hogy a gyermekek digitális bennszülötteknek születnek, de a további állításokat bizonyítani kell, ami még nem történt meg. 2017-ben Kirschner és De Bruyckere [4] szilárd bizonyítékot szolgáltatott arra, hogy egy korszakba születni csak az eszközökhöz való hozzáférést teszi lehetővé, de a készségekhez, képességekhez nem. A készségeket, képességeket nem születéskor kapjuk; ezeket megtanuljuk, elsajátítjuk képzésben, iskolákban, szakemberek, jól képzett tanárok által nyújtott segítséggel [5] [6] [7]. A naív tudás tévhithez is vezethet [8], valamint a kevésbé hatékony problémamegoldó megközelítések alkalmazásához és elterjedéséhez. [9]–[14].

2.2. Mathability

A mathability [15] definíció szerint a kognitív infokommunikáció (CogInfoCom) egyik ága [16] [17], amely kereteken belül a létező rendszerek, technológiák és a problémamegoldás kapcsolatát vizsgálják.

Ezen eredmények alapján két kategóriát határoztunk meg: a magas és alacsony mathability rendszerek [15].

Azokat a problémamegoldó megközelítéseket tekintjük alacsony matematikájúnak, ahol a problémák megoldására egy rendszer által biztosított meglévő funkciókat és módszereket – úgynevezett eszközöket – alkalmazunk. Itt a hangsúly az eszközökön van. Egy másik lehetőség, amikor a rendszer meglévő eszközei alapján új programokat és funkciókat (algoritmusokat) fejlesztenek ki újszerű problémák megoldására. Ebben az esetben a hangsúly a problémán van, és az eszközökre csak az algoritmusok végrehajtásához van szükség [18]–[20]. A mathability fogalma teljes összhangban van Wolfram megközelítésével, ahol az innovációról és az evidenciáról (létező és elérhető eszközök) van szó [21] [22]. A magas mathability az innovációvezérelt eszközhasználatot jelenti, míg az alacsony mathability az eszközvezérelt innovációt.

2.3. Alapkészségek és képességek

Régóta vizsgált terület, hogy az alapvető készségek hogyan befolyásolják a problémamegoldást az iskolai gyakorlatban. A vizsgálatok tárgya a tanulók kognitív fejlődése [5] [23] [24] [25] és az, hogy milyen szerepet játszik a gyors és a lassú gondolkodás a valós problémamegoldásban [25]–[27], továbbá, hogy a valós tartalmak hogyan növelhetik a diákok motivációját és eredményességét [28] [29]. Széles körben elfogadott, hogy az alapvető készségek kulcsfontosságúak a további fejlődéshez bármely tudományban, így a számolási készségek kifejezetten a matematika tanulmányok során, és implicit módon bármely tantárgyhoz kapcsolódó tanulási folyamatban.

Az 1971-ben indított vizsgálatosorozatot elsősorban Nagy végezte és adminisztrálta [1], majd később a követői folytatták ezt a munkát [30]–[35]. E vizsgálatok elsődleges célja az volt, hogy mérjék a tanulók 3R alapkészségeit az egymást követő tanévekben, és visszajelzést adjanak kognitív fejlődésükről maguknak a tanulóknak, iskoláiknak és a tanulók szüleinek.

2.4. Informatikai alapismeretek

Más tudományokhoz hasonlóan egyértelmű, hogy az algoritmikus gondolkodás fejlesztéséhez alapvető informatikai ismeretekre van szükség. Ez magába kell, hogy foglalja mind a hardver, mind a szoftver eszközöket is. Amíg a diákok nem képesek az alapvető perifériás eszközök és a „felhasználóbarát” irodai szoftvereszközök hatékony kezelésére, addig nem tudnak a valódi problémákra összpontosítani, amelyeket a számítógépekkel kell megoldani.

Jelen tanulmány azt vizsgálja, hogy a tanulók hogyan kezelik a táblázatkezelő környezetre átdolgozott, az alapvető számolási készségeket mérő klasszikus papíralapú tesztet. Prensky megállapításai alapján [2] feltételezhetjük, hogy nincs különbség a papír- és a táblázatkezelős tesztelési módszer eredményei között. Kirschner és De Bruyckere megállapításai azonban [4] arra utalnak, hogy még a digitális bennszülötteknek is szükségük van megfelelő oktatásra az alapvető készségek fejlesztéséhez.

Továbbá azt is meg akartuk vizsgálni, hogy a papíralapú tesztelés helyettesíthető-e táblázatkezelősen alapuló teszteléssel anélkül, hogy a tanulók számolási készségeinek eredményeire hatással lenne az alkalmazott eszköz.

2.5. Hipotézisek

A következő hipotéziseket a digitális bennszülöttekhez rendelt készségek, képességek és a kutatócsoportunk által bevezetett tesztek módosítása alapján fogalmaztuk meg.

- H1** Nincs különbség a papíralapú és a táblázatos tesztek eredményei között.
- H2** A papíralapú tesztelés helyettesíthető táblázatalapú teszteléssel anélkül, hogy az eredményeket befolyásolná az adatfelvétel módja.
- H3** A táblázatos tesztelés értékelése gyorsabb és megbízhatóbb, mint a papíralapú.

- H4** Van különbség az összeadással és a kivonással megadott pótlás feladatok eredményei között.
- H5** Van különbség a válaszok száma és a válaszok száma között az első szakadási pontig (kihagyott feladat).

3. Módszertan

3.1. Tesztelések

3.1.1. Eredeti papíralapú tesztelés

Nagy eredeti vizsgálati módszere szerint [1] és követőinek kisebb módosításával – elsősorban [31] és más iskolák [36] [37] –, kutatócsoportunk az alábbi megkötéseknek megfelelően állított össze egy tesztsorozatot.

Nagy [1] öt aritmetikai művelet tesztelését javasolta: összeadás, kivonás, pótlás összeadással, szorzás és osztás. Mindkét operandus (összeadás és a szorzás esetében) vagy az egyik operandus és az eredmény (a kivonás, a pótlás és az osztás esetében) a [2, 9] intervallumban van. Nagy [1] gondosan megválasztotta az operandusokat, lehetővé téve a lassabb és a gyorsabb tanulók számára is a sikerlélményt a tesztek elején.

Minden egyes művelet 75 feladatból áll, amelyek egy adott felépítésben vannak megszerelve. A 75 feladat három oszlopba van rendezve, következésképpen minden oszlopban 25 feladat található. A jobb olvashatóság érdekében öt soros csoportokra vannak osztva, $3 \times 5 \times 5$ csoportot alkotva (1. ábra és 2. ábra).

MÉRŐLAP

1/2.

Név: _____ A változat

ÖSSZEADÁS	KIVONÁS	PÓTLÁS
6+4 = 5+4 = 7+9 =	4-3 = 8-5 = 11-2 =	6+ = 10 5+ = 8 8+ = 17
6+8 = 4+4 = 9+2 =	11-3 = 12-4 = 11-6 =	2+ = 5 5+ = 14 7+ = 15
4+6 = 3+2 = 3+5 =	7-6 = 10-9 = 8-7 =	8+ = 16 7+ = 11 7+ = 10
2+7 = 5+9 = 6+6 =	7-3 = 9-7 = 8-4 =	4+ = 11 5+ = 10 4+ = 9
8+4 = 8+7 = 7+4 =	14-9 = 14-5 = 16-8 =	4+ = 6 5+ = 7 9+ = 14
5+5 = 6+2 = 7+3 =	11-3 = 12-8 = 13-7 =	3+ = 9 6+ = 15 5+ = 13
4+5 = 7+2 = 4+3 =	10-7 = 10-3 = 10-5 =	9+ = 18 7+ = 12 9+ = 11
8+9 = 9+5 = 8+8 =	7-3 = 9-2 = 8-6 =	5+ = 12 9+ = 12 7+ = 9
7+6 = 6+7 = 7+5 =	14-9 = 18-9 = 13-9 =	4+ = 10 2+ = 11 7+ = 16
8+2 = 2+6 = 9+3 =	11-3 = 11-4 = 11-5 =	5+ = 9 8+ = 11 8+ = 14
6+3 = 2+9 = 3+4 =	5-4 = 3-2 = 10-5 =	3+ = 11 8+ = 15 9+ = 15
6+9 = 9+7 = 9+9 =	7-5 = 8-3 = 5-3 =	8+ = 12 2+ = 6 3+ = 12
4+7 = 8+5 = 5+6 =	17-8 = 15-6 = 12-4 =	6+ = 8 3+ = 5 9+ = 18
3+7 = 2+4 = 3+3 =	13-5 = 13-8 = 14-6 =	3+ = 8 9+ = 17 5+ = 11
5+2 = 2+3 = 3+6 =	10-6 = 6-2 = 10-2 =	4+ = 13 8+ = 13 8+ = 16
5+6 = 9+8 = 7+7 =	6-4 = 9-4 = 5-2 =	7+ = 13 3+ = 10 2+ = 11
8+6 = 4+8 = 6+5 =	12-9 = 12-3 = 12-6 =	2+ = 4 4+ = 7 4+ = 13
2+8 = 4+2 = 8+7 =	11-8 = 15-8 = 15-7 =	2+ = 9 7+ = 14 4+ = 11
2+7 = 5+3 = 6+7 =	10-8 = 9-8 = 8-7 =	9+ = 13 6+ = 11 6+ = 9
8+3 = 9+6 = 8+5 =	6-3 = 9-6 = 7-2 =	4+ = 12 2+ = 8 5+ = 14
7+8 = 5+8 = 4+8 =	17-9 = 14-7 = 16-9 =	2+ = 10 3+ = 7 7+ = 12
3+3 = 2+2 = 9+9 =	12-7 = 13-6 = 11-7 =	6+ = 9 9+ = 16 5+ = 9
3+6 = 2+5 = 3+8 =	10-4 = 4-2 = 6-5 =	3+ = 6 6+ = 13 7+ = 16
7+7 = 9+4 = 6+5 =	9-3 = 7-4 = 9-5 =	6+ = 14 4+ = 8 6+ = 13
6+5 = 5+7 = 7+8 =	15-9 = 11-9 = 16-7 =	8+ = 10 2+ = 7 8+ = 15
Kész (darab):	Kész (darab):	Kész (darab):
Hibás (darab):	Hibás (darab):	Hibás (darab):
Idő:	Idő:	Idő:

1. ábra: Nagy eredeti tesztlapjainak három művelete 0: összeadás, kivonás, kiegészítés összeadással.

1/2. folytatása

MÉRŐLAP

Név: _____ A változat

SZORZÁS			BENNEFOGLALÁS		
3·2 =	7·7 =	9·4 =	12:6 =	21:7 =	24:4 =
4·4 =	5·9 =	8·3 =	21:3 =	35:5 =	81:9 =
9·5 =	9·7 =	2·6 =	42:6 =	36:9 =	25:5 =
8·9 =	5·2 =	5·7 =	56:8 =	12:2 =	18:6 =
2·7 =	5·8 =	6·9 =	14:2 =	15:5 =	32:4 =
4·5 =	3·9 =	7·6 =	24:6 =	40:5 =	64:8 =
9·6 =	8·6 =	6·2 =	40:8 =	63:7 =	12:3 =
7·3 =	2·3 =	8·2 =	48:8 =	9:3 =	16:4 =
3·4 =	3·2 =	6·3 =	14:7 =	18:3 =	35:7 =
6·5 =	3·6 =	9·9 =	24:3 =	28:4 =	72:8 =
9·3 =	3·8 =	6·6 =	45:9 =	27:3 =	36:6 =
9·8 =	2·5 =	5·3 =	27:9 =	8:2 =	18:2 =
7·2 =	9·2 =	9·7 =	10:2 =	24:8 =	32:8 =
2·8 =	6·4 =	7·9 =	20:4 =	30:5 =	36:4 =
8·4 =	6·8 =	3·5 =	42:7 =	54:6 =	21:3 =
6·8 =	2·2 =	3·6 =	72:9 =	6:3 =	16:2 =
4·3 =	7·5 =	7·6 =	12:4 =	15:3 =	28:7 =
2·9 =	4·6 =	6·4 =	16:2 =	30:6 =	54:6 =
7·9 =	3·7 =	9·7 =	48:6 =	49:7 =	63:7 =
7·8 =	3·3 =	8·4 =	56:7 =	6:2 =	32:4 =
2·4 =	8·5 =	9·5 =	10:5 =	18:9 =	18:9 =
5·4 =	4·9 =	7·8 =	20:5 =	28:7 =	20:4 =
4·8 =	8·7 =	3·9 =	45:5 =	54:9 =	42:7 =
6·7 =	4·2 =	8·8 =	63:9 =	4:2 =	81:9 =
5·5 =	5·6 =	4·9 =	8:4 =	16:8 =	27:3 =
Kész (darab): _____ Hibás (darab): _____ Idő: _____			Kész (darab): _____ Hibás (darab): _____ Idő: _____		

2. ábra: Nagy eredeti tesztlapjainak két művelete 0: szorzás és osztás.

Az eredeti feladatleírásnak megfelelően [1] a tanulóknak a függőleges feldolgozást kellett követniük: a bal felső sarokban kezdtek, lefelé haladtak, majd a második oszlopban folytatták, végül a harmadik oszlopban dolgoztak.

A módosított változatban egy vízszintes feldolgozási sorrendet kell követni (3. ábra). A változtatás oka nem nyomon követhető, kutatócsoportunk nem talált megbízható forrást. A forgalomban lévő, nem publikált módosított változatok a „folk pedagógus” áldozatai, amelyet Lister világosan definiált [38]. A tesztelés és a kiértékelés menetében bekövetkezett, nem publikált módosítások a követelményeket és az értékelési folyamatot tisztázatlanná teszik.

Addition		
3+6=	2+3=	5+2=
3+3=	2+4=	3+7=
5+6=	8+5=	4+7=
9+9=	9+7=	6+9=
3+4=	2+9=	6+3=
...

3. ábra: Kindrusz módosított utasítása, amelyet az iskoláknak osztottak ki.

Az eredeti és a módosított vizsgálati utasítások között egy további változásra derült fény. A tesztekhez rendelt idő megváltozott. A módosított változatban minden egyes műveletre 60 másodperc áll rendelkezésre, és két művelet között 15–20 másodperces szünet engedélyezett.

3.1.2. A papíralapú és a táblázatos tesztelés előkészítése

A tesztelési körülményeket figyelembe véve elsődleges célunk az volt, hogy a lehető legjobban kövessük a korábban elvégzett papíralapú teszteket. Ugyanakkor változtatásokat alkalmaztunk, mivel azt akartuk, hogy

- a lehető legnagyobb mértékben automatizáljuk mind az előkészítési, mind az értékelési folyamatokat,
- vízszintes nyilak segítsék a tanulókat a feldolgozási sorrend követésében,
- jelöljük ki vastag szegéllyel a kitöltendő cellákat,
- a pótlás műveletet nemcsak összeadással, hanem kivonással is tesztelni tudjuk,
- rögzíti tudjuk az összes rendelkezésre álló adatot, és
- a két tesztelési környezet a lehető legjobban hasonlítsuk egymáshoz.

E feltételek szerint mind a papíralapú, mind a táblázatos tesztek azonos feltételek mellett készültek (4. ábra). A számokat véletlenszerűen választottuk ki az [1, 9] intervallumban. Ez a megoldás lehetővé tette, hogy könnyebb és a nehezebb feladatokat is megjelenjenek a teszten belül bárhol, így a lelegején is. Minden művelethez két operanduskészletet készítettünk: egyet a papír-, egyet pedig a táblázatkezelős teszteléshez. Ezzel a módszerrel minimalizáltuk a két teszt redundanciáját és interferenciáját.

A véletlenszám-generálás után a hat műveleti táblázatot egy MS Word körlevél dokumentumba konvertáltuk, amelyhez a diákok hivatalos adatbázisa szolgált címettlistaként. Végül az egyesített dokumentumokat kinyomtattuk, a fejlécben a művelettel, a diákok nevével és osztályával. Az egyesítés kimenete egy hatoldalás, kétoldalasan kinyomtatott dokumentum volt, tehát diákonként három darab papírlap. A tesztelést osztályonként végeztük, Nagy [1] és Kindrusz [31] adminisztrációs utasításai szerint.

Start	2 + 4 =	→	6 + 1 =	→	7 + 9 =
→	6 + 4 =	→	2 + 6 =	→	5 + 1 =
→	4 + 5 =	→	5 + 6 =	→	1 + 1 =
→	4 + 7 =	→	2 + 2 =	→	2 + 5 =
→	8 + 5 =	→	3 + 4 =	→	5 + 2 =
→	2 + 4 =	→	4 + 4 =	→	8 + 9 =
→	8 + 2 =	→	9 + 2 =	→	5 + 9 =
→	1 + 7 =	→	6 + 1 =	→	6 + 4 =
→	9 + 4 =	→	2 + 4 =	→	7 + 4 =
→	3 + 8 =	→	1 + 7 =	→	4 + 7 =
→	4 + 9 =	→	9 + 2 =	→	7 + 7 =
→	4 + 4 =	→	2 + 3 =	→	2 + 2 =
→	9 + 3 =	→	8 + 3 =	→	5 + 9 =
→	4 + 1 =	→	9 + 7 =	→	5 + 6 =
→	4 + 5 =	→	6 + 4 =	→	9 + 8 =
→	2 + 6 =	→	3 + 3 =	→	5 + 5 =
→	7 + 6 =	→	1 + 6 =	→	8 + 4 =
→	7 + 9 =	→	1 + 5 =	→	1 + 9 =
→	4 + 1 =	→	1 + 9 =	→	3 + 9 =
→	6 + 8 =	→	6 + 9 =	→	4 + 8 =
→	5 + 1 =	→	1 + 8 =	→	9 + 7 =
→	7 + 3 =	→	5 + 1 =	→	4 + 4 =
→	7 + 9 =	→	5 + 4 =	→	7 + 7 =
→	2 + 6 =	→	7 + 1 =	→	7 + 3 =
→	4 + 1 =	→	5 + 4 =	→	2 + 5 =

Start	9 + 1 =	→	2 + 4 =	→	6 + 7 =
→	3 + 8 =	→	6 + 1 =	→	7 + 9 =
→	4 + 6 =	→	7 + 2 =	→	1 + 3 =
→	2 + 9 =	→	8 + 6 =	→	1 + 8 =
→	8 + 2 =	→	6 + 4 =	→	1 + 7 =
→	4 + 1 =	→	1 + 4 =	→	4 + 6 =
→	2 + 1 =	→	2 + 3 =	→	5 + 7 =
→	1 + 6 =	→	4 + 4 =	→	8 + 8 =
→	9 + 2 =	→	5 + 4 =	→	5 + 9 =
→	9 + 3 =	→	4 + 9 =	→	1 + 8 =
→	2 + 9 =	→	7 + 6 =	→	4 + 1 =
→	9 + 8 =	→	8 + 9 =	→	7 + 7 =
→	2 + 8 =	→	7 + 7 =	→	7 + 4 =
→	7 + 3 =	→	1 + 3 =	→	4 + 3 =
→	8 + 3 =	→	5 + 6 =	→	2 + 9 =
→	7 + 1 =	→	9 + 9 =	→	3 + 5 =
→	6 + 4 =	→	3 + 2 =	→	7 + 5 =
→	5 + 2 =	→	3 + 6 =	→	4 + 8 =
→	4 + 9 =	→	5 + 6 =	→	7 + 5 =
→	7 + 5 =	→	6 + 3 =	→	5 + 7 =
→	1 + 7 =	→	2 + 5 =	→	7 + 3 =
→	4 + 7 =	→	6 + 1 =	→	1 + 7 =
→	5 + 7 =	→	5 + 5 =	→	5 + 4 =
→	6 + 7 =	→	6 + 8 =	→	8 + 3 =
→	1 + 4 =	→	2 + 3 =	→	5 + 4 =

4. ábra: A módosított tesztlapok papíron és táblázatkezelőben (pótlás).

A táblázatkezelésen alapuló tesztelés során egy hat munkalapból álló munkafüzetet hoztunk létre. A kitöltendő cellákat a papírhoz hasonlóan szegéllyel és kiegészítő színnel emeltük ki. Továbbá csak azok a cellák voltak írhatóak, amelyeket ki kellett tölteni, míg a többit a cellák formázásával és a lapok védelmével védjük. Következésképpen az összeadás munkalapon az első kitölthető cella az F1. A cellák között a legegyszerűbben és kényelmesebben a jobbra mutató nyíl segítségével navigálhatunk.

A mintatáblázat elkészítése után az iskola rendszergazdája elkészítette a személyre szabott táblázatkezelő munkafüzeteket, és feltöltötte azokat a tesztlésre előkészített számítógépekre. Ebben az esetben a név és az osztály szolgált azonosítóként.

3.1.3. A vizsgálati eredmények rögzítése és feldolgozása

Mind a papíralapú, mind a táblázatos tesztek eredményeit értékelő táblázatokban rögzítettük. Az értékelő táblázatok mindkét teszt esetében a tanulók által kitöltött táblázatok alapján készültek. A papíralapú eredményeket az iskola pedagógiai asszisztensei gépeltek, míg az Excel-alapú tesztek programokkal és scriptekkel alakították át.

A papíralapú tesztek esetében az eredeti hat lapot egy lapra alakították át, ahol a műveletek egymás mellett, egymás utáni sorrendben vannak. Ez az ábrázolás balról jobbra haladva követi a papíralapú és a táblázatos tesztelés során elvégzett műveletek sorrendjét. A gépelési terhek könnyítése érdekében ez a forma megtartja az eredeti $3 \times 5 \times 5$ elrendezést. Az értékelő táblázat összesen $90 + 3$ adatmezőből (tanulói azonosító, megjegyzés, rekord azonosító, 90 eredmény mező), 7550 rekordból és 1 mezőnevek sorból áll. Az adatrögzítő asszisztensek munkájának további segítésére egy speciálisan szerkesztett és formázott táblázatot hoztunk létre (5. ábra),

- a táblázatot egy színkóddal egészítettük ki, amely elkülöníti a különböző műveleteket (sárga: o1–o15 mezők az összeadáshoz, zöld: k1–k15 mezők a kivonáshoz stb.),
- a tanulókat piros vonallal választottuk el, és
- a tanulók azonosítóját (név és osztály) megismételtük a megfelelő rekordokban (ID_rep mező, D2:D26 az első diák esetében).

Az értékelő táblázat ilyen kialakításával minden diákhoz 25 rekordot rendeltünk. Az adatrögzítést követően, az adatok kétszeres ellenőrzését az iskolai pedagógiai asszisztensek végezték.

ID_rep	Név	Osztály	o1	o2	o3	o4	o5	o6	o7	o8	o9	o10	o11	o12	o13	o14	o15	k1	k2	k3	k4	k5	k6	k7	k8	k9	k10	k11	k12	k13	k14	k15
1	2 + 4 =	6	6 + 1 =	7	7 + 9 =	16	12 - 5 =	7	6 - 4 =	2	14 - 5 =	9																				
2	6 + 4 =	10	2 + 6 =	8	5 + 1 =	6	10 - 6 =	4	13 - 5 =	8	3 - 2 =	1																				
3	4 + 5 =	9	5 + 6 =	11	1 + 1 =	2	10 - 7 =	3	15 - 7 =	8	9 - 7 =	2																				
4	4 + 7 =	11	2 + 2 =	4	2 + 5 =	7	8 - 5 =	3	11 - 7 =	4	2 - 1 =	1																				
5	8 + 5 =	13	3 + 4 =	7	5 + 2 =	7	14 - 8 =	6	12 - 8 =	4	12 - 6 =	6																				
6	2 + 4 =	6	4 + 4 =	8	8 + 9 =	17	11 - 8 =	3	18 - 9 =	9	4 - 2 =	2																				
7	8 + 2 =	10	9 + 2 =	11	5 + 9 =	14	12 - 9 =	3	9 - 8 =	1	15 - 8 =	7																				
8	1 + 7 =	8	6 + 1 =	7	6 + 4 =	10	4 - 2 =	2	18 - 4 =	14	18 - 9 =	9																				
9	9 + 4 =	13	2 + 4 =	6	7 + 4 =	11	18 - 9 =	9	4 - 4 =	0	10 - 1 =	9																				
10	3 + 8 =	11	1 + 7 =	8	4 + 7 =	11	8 - 4 =	4	13 - 5 =	8	12 - 9 =	3																				
11	4 + 9 =	13	9 + 2 =	11	7 + 7 =	14	7 - 1 =	6	12 - 4 =	8	13 - 5 =	8																				
12	4 + 4 =	8	2 + 3 =	5	2 + 2 =	4	9 - 7 =	2	9 - 5 =	4	15 - 8 =	7																				
13	9 + 3 =	12	8 + 3 =	11	5 + 9 =	14	4 - 2 =	2	2 - 1 =	1	7 - 4 =	3																				
14	4 + 1 =	5	9 + 7 =	16	5 + 6 =	11	9 - 6 =	3	14 - 7 =	7	12 - 3 =	9																				
15	4 + 1 =	5	6 + 4 =	10	9 + 8 =	17	9 - 2 =	7	12 - 6 =	6	5 - 3 =	2																				
16	2 + 6 =	8	3 + 3 =	6	5 + 5 =	10	6 - 1 =	5	9 - 1 =	8	8 - 4 =	4																				
17	7 + 6 =	13	1 + 6 =	7	8 + 4 =	12	11 - 8 =	3	12 - 7 =	5	12 - 7 =	5																				
18	7 + 9 =	16	1 + 5 =	6	1 + 9 =	10	9 - 7 =	2	14 - 7 =	7	16 - 9 =	7																				
19	4 + 1 =	5	1 + 9 =	10	5 + 9 =	14	15 - 9 =	6	10 - 4 =	6	14 - 9 =	5																				
20	5 + 1 =	6	6 + 1 =	7	9 + 7 =	16	15 - 6 =	9	8 - 1 =	7	8 - 2 =	6																				
21	5 + 3 =	8	5 + 1 =	6	9 + 7 =	16	16 - 9 =	7	11 - 5 =	6	15 - 7 =	8																				
22	7 + 3 =	10	5 + 1 =	6	6 + 4 =	10	16 - 9 =	7	11 - 5 =	6	15 - 7 =	8																				
23	7 + 9 =	16	5 + 0 =	5	7 + 7 =	14	5 - 4 =	1	17 - 8 =	9	8 - 1 =	7																				
24	7 + 6 =	13	7 + 1 =	8	7 + 3 =	10	4 - 4 =	0	16 - 7 =	9	9 - 6 =	3																				
25	6 + 3 =	9	5 + 0 =	5	7 + 5 =	12	11 - 8 =	3	16 - 5 =	11	5 - 1 =	4																				
26	7 + 4 =	11	6 + 0 =	6	7 + 9 =	16	12 - 9 =	3	7 - 4 =	3	14 - 5 =	9																				
27	6 + 4 =	10	2 + 6 =	8	5 + 1 =	6	10 - 6 =	4	13 - 5 =	8	3 - 2 =	1																				
28	4 + 5 =	9	5 + 6 =	11	1 + 1 =	2	10 - 7 =	3	15 - 7 =	8	9 - 7 =	2																				
29	4 + 7 =	11	2 + 2 =	4	2 + 5 =	7	8 - 5 =	3	11 - 7 =	4	2 - 1 =	1																				
30	8 + 5 =	13	3 + 4 =	7	5 + 2 =	7	14 - 8 =	6	12 - 8 =	4	12 - 6 =	6																				
31	2 + 4 =	6	4 + 4 =	8	8 + 9 =	17	11 - 8 =	3	18 - 9 =	9	4 - 2 =	2																				
32	8 + 2 =	10	9 + 2 =	11	5 + 9 =	14	12 - 9 =	3	9 - 8 =	1	15 - 8 =	7																				
33	1 + 7 =	8	6 + 1 =	7	6 + 4 =	10	4 - 2 =	2	18 - 4 =	14	18 - 9 =	9																				
34	9 + 4 =	13	2 + 4 =	6	7 + 4 =	11	18 - 9 =	9	4 - 4 =	0	10 - 1 =	9																				

5. ábra: A papír alapú eredmények rögzítő lapja: összeadás (sárga), kivonás (zöld).

A tanulók adatainak rögzítését követően a 25 soros blokkokat rekordokká alakították át, minden tanulóhoz egy rekordot hoztunk létre. Ez az új táblázat 450 adatmezőből és az azonosítók oszlopából, valamint 302 rekordból áll, a tesztben részt vevő diákok számának megfelelően.

A táblázatalapú tesztek az iskolai hálózatról töltötte le a rendszergazda, a scripteket és a segédprogramokat pedig a kutatócsoport egyik tagja tervezte és kódolta. Az adatrögzítés szempontjából legfontosabb script az, amely egy táblázattá alakította a különálló táblázatkezelői munkafüzeteket, a munkafüzeteken belül a lapokat, a lapokon belül pedig a $3 \times 5 \times 5$ elrendezési struktúrát. A végleges táblázat szerkezete megegyezik a papíralapú elrendezéssel, $1 + 450$ mezővel és $1 + 302$ rekorddal.

4. Kiértékelés

4.1. Tesztek értékelése

A számolási készségek mérésének értékelési folyamatát tekintve erős vita folyik. Nagy [1] és Kindrusz [31] szerint a tanulók értékelhetik a tesztlapokat. Nyilvánvaló azonban, hogy a tanulók értékelése nem feltétlenül megbízható. Továbbá, csak a próbálkozások számát és a rossz válaszok számát rögzítették (Piros téglalapok a 1. ábra és 2. ábra). Abban azonban nincs egyetértés, hogy a próbálkozások számát hogyan kell kiszámítani. A vita forrása a teszt utasításában keresendő, ahol a végrehajtási sorrend szigorúan meg van adva. Az iskolák egy része az utasítás alapján számolta ki a tanulók eredményeit, vagyis azokat az eredményeket figyelmen kívül hagyták, amelyek az első üres cella után következnek. Ezzel szemben Nagy [1] és Kindrusz [31] szerint minden választ számolni kell, függetlenül a végrehajtási sorrendtől, nem adva értelmet a szigorú végrehajtási sorrendnek. A végrehajtási sorrend figyelmen kívül hagyásával a tanulóknak lehetőségük van a leginkább tetsző feladatok kiválasztására, ami az eredményeket összehasonlíthatatlanná teszi. Egy iskolán belül mindkét módszer elfogadható lehet. Ez az anomália azonban megbízhatatlanná teszi az iskolák összehasonlítását.

Jelen vizsgálatban a tanulók összes rendelkezésre álló adatát rögzítettük, így különböző értékelési folyamatok és statisztikai elemzések végezhetőek. A rögzített adatok alapján mind a papíralapú, mind a táblázatkezelős tesztelés esetében meg tudjuk adni a tanulók eredményeit, amelyek a következőkből állnak:

- válaszok,
- válaszok az első üres celláig (szakadási pont),
- helyes válaszok,
- helyes válaszok az első üres celláig,
- helytelen válaszok,
- helytelen válaszok az első üres celláig.

A rögzített eredmények alapján további statisztikai elemzések végezhetőek. Mivel a tanulmány elsődleges célja a papíralapú és a táblázatkezelésen alapuló vizsgálati módszerek összehasonlítása, a statisztikai elemzések a két módszer közötti hasonlóságokra és különbségekre összpontosítottak.

4.2. Statisztikai elemzés

A statisztikai elemzést mind iskolai szinten, mind a teszteléshez beállított paraméterekkel összhangban végeztük el. A korábban közzétett eredményeknek megfelelően elsősorban leíró elemzést végeztünk, ahol az átlagokat és a szórásokat számoltuk ki és hasonlítottuk össze.

A további elemzésekhez az eredmények eloszlását a Kolmogorov-Smirnov-teszttel vizsgálták. Megállapítottuk, hogy az eredmények nem normális eloszlásúak, figyelembe véve mind a papíralapú, mind a táblázatos tesztelést és az összes választ az első szakadásig adott válaszokkal szemben.

Ezek alapján további elemzéseket végeztünk annak megállapítására, hogy hol találtunk különbségeket a számolási készségekben. Az elemzéseket a Mann-Whitney-teszt segítségével végeztük el.

5. Minta

A tanulók alapvető számolási készségeit vizsgáló tesztelésre egy olyan iskolában került sor, amely a régió hivatalos testsorozatában való részvétel nélkül, december első két hetében végezte el azt. Mind a tanárok, mind a tanulók jól ismerték a papíralapú tesztelési stílust, és nagy tapasztalatokkal rendelkeztek mind a kitöltés, mind az értékelés folyamatában. Következésképpen, a táblázatkezelői eredményekkel való összehasonlíthatóság miatti kisebb változások nem okoztak problémát. Az adatok rögzítését azonban, mint már említettük, szigorúan az iskolai asszisztensek végezték.

	Évfolyam						Összesen
	2	3	4	5	6	7	
papír	65	53	30	42	41	71	302
Excel	65	53	30	42	41	71	302

1. táblázat: A tesztelésben részt vevő diákok száma.

Az iskola összes 2–7. osztályos tanulóját teszteltük papíron és táblázatkezelőben (MS Excel) (1. táblázat) egyaránt. A 2. osztályban négy műveletet, négy lapot – összeadás, kivonás, pótlás összeadás-sal, pótlás kivonással – kellett kitölteni. Az összes többi évfolyamon hat lapot kellett kitölteni, az említett négyet, valamint a szorzást és az osztást. Fontos továbbá megjegyezni, hogy az iskola minden tanulója 1. osztálytól tanul informatikát, heti 1 órában. A Nemzeti alaptanterv szerint [39], a 7. osztályos tanulók tanulnak táblázatkezelést, a többi évfolyam egyikének sincs táblázatkezelési tapasztalata. Az összes többi évfolyam azonban oktatóprogramokat használ, ahol a beviteli eszközök használatát lehet gyakorolni.

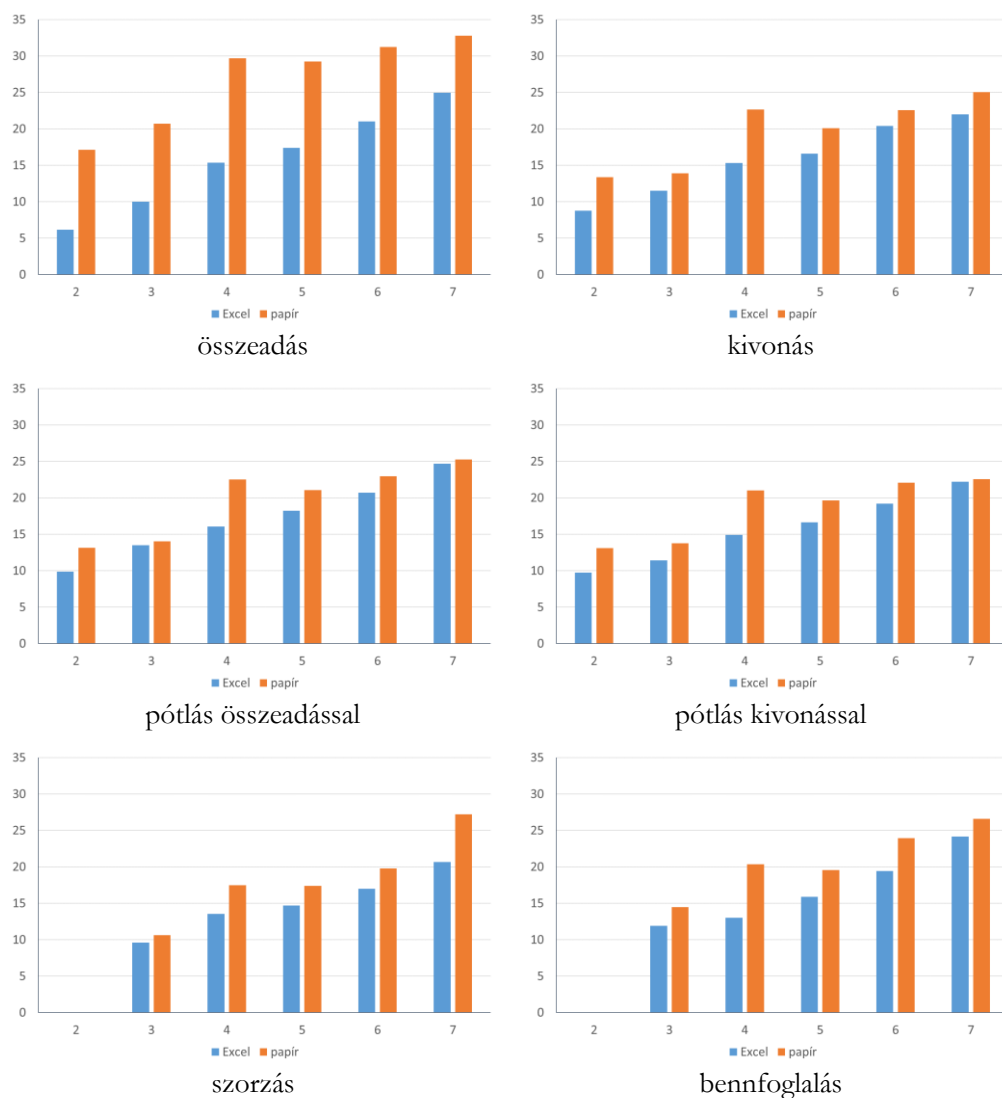
A papíralapú tesztelésre a matematikaórákon került sor, míg a táblázatos tesztelésre az iskola számítógépteremben, az informatikaórákon. A számítógépteremben munkaállomások vannak, melyek beviteli eszközként 105 billentyűs magyar billentyűzettel és egérrel vannak felszerelve.

6. Eredmények

6.1. Papír- és táblázatalapú mérések összehasonlítása

A vizsgálat elsődleges célja a tanulók eredményeinek összehasonlítása a papíralapú és a táblázatkezelős tesztekben. Arra kerestük a választ, hogy az eszközválasztásnak hatása van-e a tanulói teljesítményekre.

A grafikonok egyértelműen mutatják (6. ábra), hogy a papíralapú eredmények magasabbak, mint a táblázatkezelői dokumentum eredményei. A további következtetések levonása érdekében ezeket az eredményeket összehasonlítottuk és tovább elemeztük. Az is figyelemre méltó, hogy a 4. osztályosok az összeadásban, a kivonásban és a pótlási műveletekben ugyanolyan magasan teljesítenek, mint a felsőbb osztályok. Annak ellenére, hogy a 4. osztályosok viszonylag jobban teljesítenek matematikából, a digitális készségek terén nem tűnnek jobbnak. Ebben a tekintetben a 3. osztály tűnik sikereesebbnek a többiekénél.



6. ábra: A gépelt válaszok átlagos száma a papíralapú (narancs) és az táblázat alapú (kék) tesztekben.

Figyelembe véve a követendő feldolgozási sorrendet és a válaszok értékelését Nagy [1] és később Kíndrusz [31] szerint, kiszámítottuk mind a válaszok számát, mind az első szakadásig terjedő válaszok számát, azaz minden választ az első üres celláig értékeltünk.

Az iskolai szinten mind a papíralapú, mind a táblázatkezelős válaszokat összegyűjtve csak egy művelet (pótlás kivonással) esetében találtak szignifikáns különbséget ($p=0,023$), míg a többi feladatban a különbség nem szignifikáns (összeadás, kivonás, pótlás összeadással, szorzás, osztás: $p=0,427$; $0,340$; $0,394$; $0,282$; $0,278$). A statisztikai elemzés azt mutatta, hogy sem osztály-, sem eszközszinten – papír vagy táblázatkezelő – nincs szignifikáns különbség egyik műveletnél sem a szakadási pontokat és az összteljesítményt vizsgálva.

A helyes válaszokat tekintve a minta hasonló. Iskolai szinten a pótlás kivonással esetében van különbség ($p=0,038$), míg a többi művelet esetében nincs szignifikáns különbség. Az értékelést osztályokra és eszközökre lebontva nem találtunk szignifikáns különbségeket. A H5 hipotézis részben elvetésre került: a tanulók általában követik az utasítás sorrendjét.

6.2. A műveletek összehasonlítása

A statisztikai elemzés következő szakaszában összehasonlítottuk a papír- és a táblázat alapú eredményeket. Megvizsgáltuk továbbá, hogy van-e szignifikáns eltérés a két mérési eredmény között.

	p MW	átlag excel	átlag papír	std excel	std papír
összeadás	0,000	14,89	25,92	9,307	0,000
kivonás	0,000	14,93	18,82	7,875	0,000
pótlás összeadással	0,001	16,66	19,04	8,205	0,001
pótlás kivonással	0,000	14,73	17,05	7,913	0,000
szorzás	0,146	14,80	14,31	6,858	0,146
osztás	0,108	17,19	15,73	8,171	0,108

2. táblázat: A diákok válaszainak átlaga és szórása az első szakadásig.

Iskolai szinten szignifikáns különbségek mutatkoztak a papíralapú és a táblázatkezelős tesztek válaszainak száma között az összeadás, a kivonás és a pótlás műveletek esetében, míg a szorzás és az osztás esetében nincs különbség (2. táblázat). Általánosságban elmondható, hogy különbség van a két tesztelés között, így a H1 hipotézist elvetjük.

Hasonló eredmények születtek akkor is, amikor a helyes válaszokat az első szakadásig és az utolsó válaszig számoltuk (a szakadási pontokat figyelmen kívül hagytuk).

	összeadás	kivonás	pótlás összeadással	pótlás kivonással	szorzás	osztás
2	0,000	0,000	0,000	0,002		
3	0,000	0,006	0,213	0,007	0,058	0,040
4	0,000	0,002	0,001	0,023	0,114	0,007
5	0,000	0,020	0,024	0,038	0,118	0,021
6	0,000	0,363	0,190	0,042	0,244	0,019
7	0,000	0,057	0,819	0,992	0,000	0,354

3. táblázat: Szignifikancia vizsgálata a Mann–Whitney próbával évfolyamok és műveletek szerint.

A tesztelést végző tanárokkal készített interjúk szerint a tanulóknak gondot okozott a válaszok begépelése és a feldolgozási sorrend követése. Nem tudták, hogyan kell kitölteni egy táblázat celláját,

és hogyan kell navigálni a táblázatban az irányt jelző nyilak és a védett vs. nem védett cellák ellenére. Ahogy azonban a diákok haladtak előre a műveletekben, előbb-utóbb rájöttek (vagy egyedül, vagy osztálytársaik segítségével, amit a tanárok nem tudtak megakadályozni), hogyan kell hatékonyan használni a billentyűzetet. Ez megmagyarázza, hogy a papíralapú és a táblázatkezelős tesztelés közötti különbség csökken, mire a tanulók eljutnak a szorzás és osztás műveleteihez.

Az osztályokra lebontott eredmények egyértelműen azt mutatják, hogy a 3. osztály kivételével az alsós évfolyamok tanulói nehezen kezelik a táblázatkezelői felületet és a billentyűzetet, annak ellenére, hogy az informatikát már az 1. osztályban elkezdték tanulni. A 6. és 7. osztályban még az összeadás is meglepte őket, de a többi műveletnél valamennyire felzárkóztak (3. táblázat). Ezek az eredmények azt mutatják, hogy az alapvető digitális készségek szilárd ismerete nélkül a papíralapú tesztelés nem váltható fel a táblázatkezeléssel; következésképpen a H2 hipotézist elvetjük.

6.3. A pótlási feladatok összehasonlítása

Nagy [1] eredeti tesztje szerint és a közösségben keringő kalózverziók szerint soha nem vizsgálták, hogy van-e különbség a két pótlási művelet között vagy sem. Statisztikai elemzésünk azt mutatta, hogy iskolai szinten szignifikáns különbség van a két feladat eredményei között ($p=0,000$), tehát a H4 hipotézist elfogadjuk. Ez az eredmény arra utal, hogy nem vonhatunk le következtetéseket kizárólag az összeadási művelettel történő pótlásra támaszkodva.

6.4. Időtényezők

A felkészülési és értékelési folyamatot figyelembe véve az összehasonlítás azt mutatta, hogy a táblázatkezelős tesztelés megbízhatóbb és kevésbé időigényes, mint a hagyományos, papíralapú tesztelés. A korrektség kedvéért meg kell említeni, hogy a legelső teszt kiértékelése némi többletidőt igényelt a táblázatokban rögzített eredmények kiértékelését segítő programok/szkriptek összeállításához és kódolásához. A tesztek megismétlésekor erre a többletidőre már nincs szükség. A papíralapú eredmények rögzítése és ellenőrzése két pedagógiai asszisztens esetében körülbelül két hetet vett igénybe. Ezeket az eredményeket figyelembe véve a H3 hipotézis elfogadható.

Összegzés

A 2–7. osztályos tanulók alapvető problémamegoldási képességét/stratégiáit vizsgáltuk hagyományos papíralapú és táblázatkezelői környezetben. A papíralapú tesztelés feltételeit 1971-ben Nagy [1] fogalmazta meg. A tesztelés feltételei – szándékos kisebb és nem szándékos, szájhagyomány útján terjedő változtatásoktól eltekintve – elég stabilak voltak a táblázatkezelői változat elkészítéséhez.

A két teszt összehasonlítása azt mutatja, hogy a diákok nem rendelkeznek a billentyűzet és a táblázatkezelői táblázat kezeléséhez szükséges alapvető készségekkel és képességekkel, annak ellenére, hogy digitális bennszülöttek, és az első osztálytól kezdve informatikát tanulnak. Ugyanakkor az is kiderült, hogy ezen a rövid teszten belül a diákok eredményei a műveletek mentén haladva javultak. Ezek az eredmények azt jelzik, hogy jelenleg a papíralapú tesztelés nem helyettesíthető számítógépes alapúval, mivel a diákok valós tudását akadályozhatja a digitális készségek, képességek hiánya. Továbbá az is egyértelmű, hogy az alapvető digitális készségek fejlesztésére összpontosítva ezek a digitális anyanyelvű gyerekek gyorsan felzárkóznak.

Az is egyértelmű a teszteredmények összehasonlítása alapján, hogy az alapvető digitális készségek fejlesztése döntő szerepet játszik a gyors és lassú gondolkodás aktiválásában. A digitális eszközök kezelésének olyan magas szintet kell elérnie, mint a hagyományos eszközök (pl. toll, ceruza, nyomtatott könyvek stb.) kezelésének, hogy a gyors gondolkodás aktiválódjon, és teret engedjen más gyors gondolkodási műveleteknek (pl. alapvető számtani műveletek) vagy a lassú gondolkodásnak a valódi életből vett problémamegoldáshoz. Amíg a digitális eszközök használata akadályozza a magasabb

szintű gondolkodást és problémamegoldást, addig a számítógépek és a digitális eszközök nem integrálhatók más iskolai tantárgyakba és tudományokba hatékonyan.

Irodalom

1. J. Nagy, "Az elemi számolási készségek mérése," Tankönyvkiadó, Budapest, 1971.
2. M. Prensky "Digital Natives, Digital Immigrants," From the Horizon (MCB University Press, Vol. 9 No. 5, October 2001), Utolsó megtekintés: 2018. 03. 21.
<http://www.marcprensky.com/writing/Prensky%20-%20Digital%20Natives,%20Digital%20Immigrants%20-%20ParPRET.pdf>.
3. J. Wing, "Computational Thinking," in Communications of the ACM, vol. 49, no. 3, pp. 33-35, 2006. doi: 10.1145/1118178.1118215.
4. P. Kirschner, and P. De Bruyckere, "The myths of the digital native and the multi-tasker," in Teaching and Teacher Education. 67 2017, pp. 135-142.
5. J. Hattie, "Visible Learning for Teachers: Maximizing Impact on Learning," Routledge, 2012.
6. M. Csernoch, "Thinking Fast and Slow in Computer Problem Solving", in Journal of Software Engineering and Applications, 2017, vol. 10, no. 1.
7. W. Ng "Can we teach digital natives digital literacy?," Computers & Education, 2012/11/01;/59(3):1065-1078. 2012
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360131512001005?via%3Dihub>, Hozzáférés: Január 21, 2022.
8. B. Champagne, R. F. Gunstone és L. E Klopfer, "Naive knowledge and science learning," in Research in Science and Technological Education, vol. 1, no. 2, 1983, pp. 173-183.
9. R. R. Panko: What We Know About Spreadsheet Errors, Journal of End User Computing. Special issue on Scaling Up End User Development, 2008, (10) 2, pp. 15-21.
10. R. R. Panko & S. Aurigemma: Revising the Panko-Halverson taxonomy of spreadsheet errors, Decision Support Systems, 2010, (49) 2, pp.235-244.
11. R. R. Panko: The Cognitive Science of Spreadsheet Errors: Why Thinking is Bad: Proceedings of the 46th Hawaii International Conference on System Sciences, Maui, Hawaii, 2013, pp. 1-10.
12. M. Ben-Ari, "Bricolage Forever!", in PPIG 1999. 11th Annual Workshop. 5–7 January 1999. Computer-Based Learning Unit, University of Leeds, UK. Utolsó megtekintés: 2018. 03. 21.
<http://www.ppig.org/papers/11th-benari.pdf>.
13. M. Ben-Ari és T. Yeshno, "Conceptual models of software artifacts," in Interacting with Computers, vol. 18, no. 6, pp. 1336-1350, 2006. doi: 10.1016/j.intcom.2006.03.005.
14. M. Csernoch, P. Biró, J. Máth, & K. Abari, "Testing Algorithmic Skills in Traditional and Non-Traditional Programming Environments," in Informatics in Education: an international journal vol. 14, no. 2, 2015, pp. 175-197.
15. P. Baranyi & A. Gilányi, "Mathability: International Conference on Cognitive Infocommunications (Cog-InfoCom), 2013, pp. 555-558, doi: 10.1109/CogInfoCom.2013.6719309.
16. P. Baranyi, A. Csapo A., & G. Sallai: Cognitive Infocommunications (CogInfoCom), Springer International Publishing Switzerland, 2015. p.191. (978-3-319-19607-7
<http://www.springer.com/us/book/9783319196077#aboutBook>
17. P. Baranyi & A. Csapo: Definition and Synergies of Cognitive Infocommunication, Acta Polytechnica Hungarica, 2012. Vol 9, of No 1. pp. 67-83. (ISSN 1785-8860)
18. K. Chmielewska és A. Gilányi, "A matematizálhatóság oktatási kontextusa", Acta Polytechnica Hungarica, vol. 15, no. 5, pp. 223-237, 2018.
19. K. Chmielewska és A. Gilányi, " Educational context of mathability," in 10th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications (CogInfoCom). IEEE, 2019.

20. P. Biró & M. Csernoch, "The mathability of computer problem solving approaches," in 2015 6th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications (CogInfoCom), 2015, pp. 111-114. doi: 10.1109/CogInfoCom.2015.7390574.
21. C. Wolfram, "Evidence: Let's promote not stifle innovation in education," 2015. Utolsó megtekintés: 2018. 03. 21.
<http://www.conradwolfram.com/home/2015/5/21/role-of-evidence-in-education-innovation>.
22. C. Wolfram, "The Math(s) Fix: Wolfram Media, Inc., 2020.
23. ACER, "Trends in International Mathematics and Science Study," Utolsó megtekintés: 2018. 03. 21.
<https://research.acer.edu.au/timss/>.
24. OECD, "Programme for International Student Assessment," Utolsó megtekintés: 2018. 03. 21.
<https://www.oecd.org/pisa/>
25. J. Sweller, P. Ayres és S. Kalyuga, "Cognitive Load Theory," Berlin: Springer, 2011.
26. D. Kahneman, "Thinking, Fast and Slow", New York: Farrar, Straus; Giroux, 2011.
27. M. Roter, "Managing People for Improvement", Adaptiveness and Superior Results. McGraw-Hill Education, 2009.
28. P. Mishra és M. J. Koehler, "Technological Pedagogical Content Knowledge: A framework for teacher knowledge," in Teachers College Record, vol. 108, no. 6, 2006, pp. 1017-1054.
29. C. Angeli és N. Valanides, "Technological Pedagogical Content Knowledge: Exploring, Developing, and Assessing TPCK," 2015. Springer, 2015.
30. Gy. Ágoston, J. Nagy és S. Orosz, "Mérési módszerek a pedagógiában", magyarul: "Mérési módszerek a pedagógiában", Tankönyvkiadó, Budapest, 1974.
31. P. Kindrusz, "Mérési módszerek a tanulók egyéni és differenciált fejlesztésében. Research Study," in Hungarian: "Mérési módszerek a tanulók egyéni és differenciált fejlesztésében Kutatási zárótanulmány," Országos Közoktatási Szakértői Konferencia, Hajdúszoboszló, 2018.
32. T. Vidákovics, "Diagnosztikus pedagógiai mérés", magyarul: "Diagnosztikus pedagógiai értékelés", Akadémiai Kiadó, Budapest, 1990.
33. B. Csapó, "A korábban megszerzett tudás mérése és elfogadása", magyarul: "Az előzetesen megszerzett tudás mérése és elismerése", Nemzeti Felnőttképzési Intézet, Budapest, 2005.
34. B. Csapó, "Diagnosztikus mérés és egyéni, differenciált fejlesztési folyamat", magyarul: "Diagnosztikus mérések és egyéni differenciált fejlesztések", Országos Közoktatási Szakértői Konferencia, Hajdúszoboszló, 2016.
35. Á. Ranschburg, "Az iskolák értékelési-mérési gyakorlata és a kompetenciák," Új Pedagógiai Szemle, 2004. március, Elérhető online, Hozzáférés: Január 21, 2022.
<https://ofi.oh.gov.hu/tudastar/iskolak-ertekelesi-oldalrol>.
36. MezőMatek, "Műveleti sebesség,". Utolsó megtekintés: 2018. 03. 21.
<https://sites.google.com/a/mezosuli.hu/mezomatek/alapmuveleti-sebesség-oldalrol>.
37. érdCenter, "Matek a kicsiknek" Utolsó megtekintés: 2018. 03. 21.
<http://www.erdcenter.hu/pub/cc/jatek/matekkicsi.html> oldalról.
38. R. Lister, "After the gold rush: Toward sustainable scholarship in computing," in ACE '08: Proceedings of the tenth conference on Australasian computing education. 78. kötet, 2008, pp. 3-17.
39. OFI, "Nemzeti alaptanterv 2012", 110/2012. (VI. 4.) Korm. rendelet a Nemzeti alaptanterv kiadásáról, bevezetéséről és alkalmazásáról, Utolsó megtekintés: 2018. 03. 21.
http://ofi.hu/sites/default/files/attachments/mk_nat_20121.pdf