

Doktori (PhD) értekezés tézisei

Tudástranszferelemek szerepe a hatékony számítógépes problémamegoldásban

Horváthné Nagy Tímea
Témavezető: Dr. Csernoch Mária



DEBRECENI EGYETEM
Informatikai Tudományok Doktori Iskola
Debrecen, 2024

1. Bevezetés

Egy hatalmas iparág épül a végfelhasználókra (end-users), de aligha foglalkozik valaki azzal, hogy mennyire alkalmazzzák hatékonyan és eredményesen mind a módszertanokat, mind a számukra kifejlesztett eszközöket, és mennyire hatékonyan használják ki az ezekre a tevékenységekre alkalmas erőforrásokat. Elsősorban a vállalatok – mind a hardvergyártók, mind a szoftvergyártók – és még sok más kísérő iparág profitál a végfelhasználókból, a digitális kompetenciák hiányából és az alacsony szintű számítógépes gondolkodási készségekből, képességekből. A kérdés azonban nem az, hogy egyes csoportok mekkora profitot termelnek, hanem az, hogy mennyi veszteség keletkezik, szinte észrevétlenül.

Az oktatás a végfelhasználói tevékenységek egyik elsődleges platformja. A cégek ugyan elárastották a végfelhasználókat eszközeikkel és felhasználóbarát szlogenjikkel, de képtelenek voltak valódi felhasználóbarát módszereket létrehozni, támogatva ezzel a hatékony tanulás-tanítás folyamatát. Általánosságban elmondható, hogy a számítógépes oktatás egy toló (push) termelési rendszer, amely definíció szerint veszteséget termel [1]–[5]. Látszatra az oktatás sokat nyer, hiszen a köz-, és a tanfolyami oktatás, valamint az oktatási segédanyagok biztosítása egy hatalmas iparágat működtet. Másrészt az oktatás a legnagyobb vesztese ennek a helyzetnek, mivel a végfelhasználói tevékenységben és a termelésben nem mutatható ki jelentős előrehaladás. Általában a végfelhasználók nem látják tisztán az újonnan megjelenő eszközök jelentőségét, alkalmazhatóságát, holott bizonyításra került, hogy a hatékony számítógépes gondolkodás nélküli oktatás miatt a legtöbb ember könnyen félrevezethető, és félre is vezetik őket [6].

A Toyota azt állítja, hogy jobb autókat akarnak építeni több ember számára [1]. Ennek mintájára, kutatócsoportunk azt a célt tűzte ki, hogy jobb (hatékonyabb) számítógépes oktatást nyújtunk több ember (tanuló, tanár, végfelhasználó) számára, amelyek a jövő munkahelyeihez szükségesek [6][8], nem csak a kiválasztott, professzionális informatikával foglalkozó csoportok (pl. programozók) számára.

2. Mini-kompetenciateszt

2018-ban mini-kompetenciatesztet terveztünk az általános és középiskolások (7–10. évfolyam) informatikai képességeinek mérésére. A teszt célja az informatikaoktatás hatékonyságának vizsgálata, a konkrét tudáselemek azonosítása, valamint a tudástranszferlemek aktiválásának mérése. Az eredményekkel rávilágíthatunk arra, hogy a számítógépes és számítógéppel támogatott oktatásban alkalmazott és széles körben elfogadott, eszközorientált, tudástranszferlemeket nélkülöző megközelítések alacsony hatékonyságú számítógépes problémamegoldáshoz vezetnek, melynek további következménye az informatikai felsőoktatásban az óriási hallgatói lemorzsolódás, az iparban az informatikus hiány, valamint a nem-professzionális informatikában keletkező óriási anyagi veszteségek, amelyek a hanyag adatkezelés következményei. A mérésben 93 iskolából 8 880 tanuló vett részt. A mérés célcsoportja a

7–10. évfolyamos tanulók, mely kiegészült további kitöltővel az 5–6. és 11–13. évfolyamokról.

2.1 Táblázatkezelés

2.1.1 Képletkiegészítés

A tanulóknak a képletkiegészítés feladatban szintaktikailag helyes képletekké és a megadott tartomány magyarázatával kellett kiegészíteniük a hiányos ábrákat, melynek megoldását a következő ábra mutatja (1. ábra).

	A
1	SZUM(A2 A20

	A
1	SZUM(A2 A20

	A
1	=SZUM(A2:A20)

	A
1	=SZUM(A2;A20)

A2-től A20-ig

A2 és A20

1. ábra: A képletkiegészítés feladat és megoldása magyar nyelvi táblázatkezelői beállításokkal.

2.1.2 Műveleti sorrend

A műveleti sorrend feladatban a tanulóknak meg kellett határozniuk, hogy milyen sorrendben hajtja végre a megadott képletben (2. ábra) a műveleteket a táblázatkezelő. A feladat megoldását az 1. táblázat mutatja (rövid válaszok a zárójelben megadva).

=HA(ÁTLAG(D2:D58)-50<A5;"a";"")

2. ábra: A műveleti sorrend feladatban megadott képlet.

1. lépés	Átlag kiszámítása (átlag).
2. lépés	A kapott eredményből kivonunk 50-et (kivonás).
3. lépés	Eldöntendő kérdés: kisebb-e mint 50? (eldöntendő kérdés)
4. lépés	HA() függvény: ha igen, akkor kiíratunk egy „a” betűt, ha nem, akkor kiíratjuk az üres sztringet (HA() függvény hívása).

1. táblázat: A műveleti sorrend feladat megoldása.

2.1.3 Adattípusok, adatelemzés

Az adattípusok feladat a táblázatok adattípusainak felismerésére, az ezres elválasztó és decimális karakter helyes/helytelen használatára, valamint a különböző adattípusokra vonatkozó ismeretek adatbáziskezelés és programozás témakörökbe való átemelésére irányul.

A tanulók feladata volt meghatározni a mintán szereplő táblázatban (3. ábra) az adattípusokat az egyes oszlopokban, valamint meghatározni az adatrekordok számát, továbbá a B oszlopban látható legkisebb és legnagyobb számot. Az egyes oszlopok adattípusát a következő táblázat mutatja (2. táblázat). A táblában rejtett sorok vannak, így összesen 251 sor található benne, de az első sor a mezőnevekre van fenn tartva, így a táblázat 250 adatrekordot tartalmaz. A B oszlopban a mintán szereplő legnagyobb szám 736, míg a legkisebb szám 1,062.

	A	B	C	D
1	Felhasználó	Feltöltés	Feliratkozó	Megtekintés
2	VamosART	484	1,107,555	226,195,766
3	Videómánia	338	833,23	254,545,702
4	PamKutya	120	809,866	223,441,355
5	LetsGoMartin	176	725,638	162,798,559
6	TheVR	1,062	592,675	213,550,948
7	luckeY	1,183	561,13	150,341,428
8	Peter Gergely	100	548,241	79,713,757
9	Scribble Netty	159	546,049	74,234,471
248	Szilvaglam	87	61,899	3,918,538
249	rance flow	524	61,863	53,275,385
250	KIS GRÓFO (official)	9	61,65	30,712,031
251	KODIAK	736	61,467	14,599,194

3. ábra: Az adattípusok, adatelemzés feladatban szereplő táblázat.

A oszlop	B oszlop	C oszlop	D oszlop
szöveg	egész szám: B2:B5 és B8:B251	szöveg: C2	szöveg
	valós szám: B6:B7	valós szám: C3:C251	

2. táblázat: Adattípusok az egyes oszlopokban.

2.1.4 Tömbképlet

A tömbképlet feladatban a mintán szereplő képlet (4. ábra) eredményét kellett a tanulóknak meghatározni, mely a következő: meghatározza (kiírja) az L betűvel kezdődő felhasználók számát.

$$\{=SZUM(HA(BAL(A2:A251)="L";1))\}$$

4. ábra: A tömbképlet feladatban szereplő képlet.

2.2 Szövegkezelés

A szövegkezelés témakörből a számozás feladat (5. ábra) eredményeit vizsgáltuk, melynek középpontjában az automatikus számozás és a kézi számozás megkülönböztetése áll. A grafikus felhasználói felületen a kurzor pozíciója elegendő ahhoz, hogy megállapítsuk, hogy egy számozás kézi vagy automatikus. A helyes válasz az E-vel jelölt számozás.

- A 1.A.növény.részei
- B 3.Termodinamikus.kölcsönhatás
- C b.)·Gabonafélék
- D ♥ - Petőfi szerelmi költészete
- E 4.·Magyarázza el a ciklusok működését!

5. ábra: A számozás feladat mintái.

2.3 SOLO kategóriák

A megértés SOLO kategóriáit [9]–[11] a klasszikus programozási ismeretek mérésére, a programozási feladatok megértési szintjeinek azonosítására hozták létre és a tanulói teljesítmények alapján öt szintet határoztak meg (3. táblázat, első oszlop).

Korábbi kutatások egyértelművé tették, hogy a SOLO kategóriák alkalmazhatóak táblázatkezelői környezetben is [12] (3. táblázat, második oszlop), figyelembe véve, hogy a koncepció alapú táblázatkezelői megközelítések elsődrendű funkcionális programozási megoldások [13]–[15]. Jelen keretek között, a feladatok jellegéből adódóan az Extended abstract szint mérésére nem volt lehetőség.

Eredeti SOLO kategóriák	Módosított SOLO kategóriák	Jelentés
	Ignored (I)	A tanuló nem foglalkozik a feladattal.
Prestructural (P)	Prestructural (P)	A válasz és a kérdés, valamint a válasz és a helyes válasz között nincs kapcsolat.
Unistructural (U)	Unistructural (U)	A válaszban több tudáslemből egyet vesz észre és jelöl meg helyesen, a többi pontatlan.
Multistructural (M)	Multistructural (M)	A válaszban több tudáslembet is megnevez, de ezeket nem tudja egységként kezelni és a helyes választ teljes egészében megfogalmazni.
Relational (R)	Relational (R)	Minden tudáslembet felismer, össze tudja ezeket kapcsolni és a választ is meg tudja fogalmazni.
Extended abstract (EA)	Extended abstract (EA)	A tanuló képes általánosítani a feladatot.

3. táblázat: Az eredeti SOLO kategóriák programozási feladatokhoz, a módosított SOLO kategóriák táblázatkezelési feladatokhoz és a kategóriák jelentése.

3. Tézisek

[T1] Az eszközcentrikus táblázatkezelési megközelítések negatívan befolyásolják a hatékony tanulói adat- és táblázatkezelést, valamint az önértékelést. Az eszközökre fókuszálva a tanulók alacsony szintű adatkezelési ismeretekkel rendelkeznek, amely megakadályozza a hatékony problémamegoldást, ugyanakkor teret enged egy irreálisan magas önértékeléshez.

A tesztben bemutatott feladatok programozási jellegének megfelelően mind a táblázatkezelés, mind az önértékelés SOLO kategóriáinak négy szintjét állítottuk fel. A tanulók által megadott önértékelési értékek azt mutatják, hogy a tanulók nagyon magabiztosak a táblázatkezelési ismereteik megítélésében, különösen azok a tanulók, akik az iskolában tanultak táblázatkezelést. Ezzel szemben a diákok eredményeinek többsége Prestructural, ami azt jelenti, hogy nem rendelkeznek azonosítható tudáselemekkel. A diákok eredményei azt mutatják, hogy az informatikaoktatás dekontextualizált (tartalom nélküli vagy toy situation szöveggörnyezet), eszközközpontú, és ezek az alacsony mathability megközelítések nem megfelelőek a tanulók problémamegoldó és számítógépes gondolkodásának hatékony fejlesztéséhez [16]–[27]. Továbbá, teljes összhangban a Dunning-Kruger-effektussal [28], a megértés Prestructural szintje (a lényeg kihagyása) megakadályozza, hogy a tanulók lássák, hogy mit tudnak és mit nem tudnak. A tudástranszferelemek aktiválását tekintve az eredmények azt mutatják, hogy a matematikából származó egyes tudáselemek lehetővé teszik a tanulók számára, hogy elérjék a megértés Relation szintjét egy-egy matematikához köthető feladatban. Az adatkezeléshez köthető tudástranszferelemek nyomai azonban alig mutatkoznak, ami megakadályozza, hogy a tanulók a tudáselemeket egyik feladatból a másikba, vagyis az órai tevékenységből a problémamegoldásba, illetve a függvények nevének ismeretétől a Relation szintű megértésre transzformálják. Jelenleg úgy tűnik, hogy a táblázatkezelés tanítása csak a felhasználói felület megismerését szolgálja, minden további értelmes cél nélkül. A teszt eredményeiből arra következtethetünk, hogy a táblázatkezelés oktatása ebben a szakaszban nem támogatja a tanulók számítógépes gondolkodásának és algoritmikus készségének fejlesztését. Ennek eredményeképpen a tanulók nem tudják elérni a megértés Relation szintjét, nem is beszélve az Extended abstract kategóriáról. Azt is meg kell jegyeznünk, hogy – ellentétben Prensky digitális generációkkal kapcsolatos, nem bizonyított állításaival [29] – még a digitális gyerekeknek is nagy szükségük van oktatási támogatásra [30]. Ennek a támogatásnak a biztosításához olyan szakértő tanárookra van szükség [31]–[33], akik képesek elszakadni a széles körben elfogadott eszközközpontú, alacsony mathability tanítási és tesztelési megközelítésektől, és átváltani a magas mathability problémamegoldó megközelítésekre [34]–[39]. Ezen eredményekkel a [T1] tézis bizonyításra került.

[T2] A digitális eszközök, illetve azok iskolai és magánéleti használata nem fejleszti hatékonyan a tanulók adat- és táblázatkezelési ismereteit, képességeit, kompetenciáit.

Célunk volt annak vizsgálata, hogy a digitális eszközök, illetve azok iskolai és személyes használata hogyan befolyásolhatja a táblázatkezelési kompetenciákat és az adatok táblázatkezelési környezetben történő kezelését. A vizsgálatokhoz a digitális eszközökre fordított időt, valamint a táblázatkezelés témakör feladatait használtuk. A tanulók minden táblázatkezelés feladatban alacsony pontszámot értek el, és a nulla pontok rendkívül magas száma deformálja a magasabb pontszámmal rendelkezők eredményeit. Az adattípusok feladat kivételt képez, mivel ez egy olyan feleletválasztós kérdés, ahol a véletlenszerű jelölések részben helyes válaszokhoz vezetnek. Az összes helyes válasz száma azonban ebben a feladatban nem magasabb, mint a többi feladatban.

A teszt táblázatkezelési feladatainak eredményei azt mutatják, hogy nincs kapcsolat a tanulók táblázatkezeléssel kapcsolatos tudása és a digitális eszközökkel töltött idő között. Az eszközök iskolai használata esetén találtuk a legkedvezőtlenebb eredményt, ahol az eszközökre fordított idő negatívan hat a diákok tudására. Ez a negatív hatás erősebb az iskolai mobilhasználat esetében. A további elemzések során, ahol csak azoknak a tanulónak az eredményeit vettük figyelembe, akik nulla pontnál többet értek el, azt találtuk, hogy ezek az eszközök nem hatnak negatívan a tanulók eredményeire. Az adatelemzés és képletkiegészítés feladatokban pozitív hatás mutatható ki.

A vizsgálatok során nem tértünk ki az osztálytermi tevékenységek részleteire, azonban azt tapasztaltuk, hogy a diákok elsősorban kommunikációra és adatlekérdezésre használják ezeket az eszközöket, beleértve a rendkívül népszerű online szavazó- és értékelőrendszereket is. Ezek alapján a diákoknak nincs meg a motivációjuk és az igényük arra, hogy a digitális eszközöket problémamegoldásra és/vagy produktív tevékenységekre használják, továbbá az iskola nem készíti a diákokat értékes digitális produktumok létrehozására és ugyanez az iskola nem tud objektív mértést biztosítani a diákok digitális tevékenységeinek értékelésére az értelmetlen katingtatáson túl.

Ezek az eredmények egyértelműen bizonyították a [T2] tézist, továbbá mutatják, hogy a digitális bennszülöttek születése nem jelent digitális tudást, legalábbis a táblázatkezelés terén nem. A tanulók digitális kompetenciái, számítógépes gondolkodási készségei és a számítógéppel való kommunikáció képessége tudatos oktatási koncepciókat, a tanárok digitális és módszertani készségeinek és képességeinek fejlesztését igénylik.

[T3] Az automatikus számozás szemantikája alapján a szükséges egy bitnél lényegesen több információt kell a tanítás-tanulás csatornájára helyezni ahhoz, hogy a végfelhasználókhöz érhetően eljusson és hatékonyan tudják azt alkalmazni.

A grafikus felhasználói felületen egyetlen információ – a kurzor pozíciója – elegendő ahhoz, hogy megállapítsuk, hogy egy számozás kézi vagy automatikus. Az egy bit két értéke megegyezik azzal, hogy a kurzor a számtól/karaktertől balra helyezhető-e vagy sem. Annak eldöntésére, hogy mennyi információt kell a csatornára – a tanítási-tanulási folyamatra és a felhasználói felületre – helyezni ahhoz, hogy a végfelhasználókhöz eljusson, olyan módszert terveztünk és valósítottunk meg, amely magában foglalja a tanítási, tanulási, oktató és tesztelési források elemzését, az interneten vagy zárt csoportokban megosztott Word dokumentumok összegyűjtését és elemzését, a mini-kompetenciateszt számozás feladatának elemzését és entrópiájának kiszámítását.

A mini-kompetenciateszt eredményei azt mutatják, hogy a 7–10. osztályos tanulók többsége nem tud különbséget tenni a kézi és az automatikus számozás között az MS Word mintákban. Nem tudják, hogy a felhasználói felületen elhelyezett egyetlen információ – a kurzor pozíciója – elég lehet annak eldöntéséhez, hogy melyik minta kézi vagy automatikus számozású. A tanulást támogató, segítő dokumentumok jellemzően az eszközökre koncentrálnak, nem fordítva figyelmet a felhasználói felületre helyezett információkra, a szövegszerkesztő parancsok szemantikájára [40], vagy a nem-nyomtatódó karakterek által hordozott információkra [42]–[43]. A mért adatok alapján arra a következtetésre jutottunk, hogy az automatikus számozás kezelésének entrópiája 3,0961 bit. Ez azt jelenti, hogy legalább három bite van szükség ahhoz, hogy a szövegkezelő felhasználói felületének információi a végfelhasználókhöz eljuttassuk. Nem elég tehát csak azt mondani, hogy az automatikus számozás egy kattintás az egyik számozási gombra. A GUI üzeneteit tudatosan kell megtanítani és megtanulni, ami magába foglalja a hibás dokumentumok elemzését, a hibák felismerését is. Ez az eredmény alátámasztja a [T3] tézist.

[T4] A természetes nyelvi digitális szövegekben a módosítási feladatok elvégzése több adatot igényel a hibás dokumentumokban, mint azok helyes megfelelőjében.

Két különböző tartalmú és hosszúságú dokumentumot választottunk ki, amelyek mindegyike kvalitatív és kvantitatív hibákat tartalmaz. Az egyik dokumentum egy egyoldalú és csak szöveges elemeket tartalmaz (röviden: gyógyszerek). A másik dokumentum szöveges tartalmak, képek, egyéb grafikai objektumok és két táblázat-imitáció kombinációját tartalmazza (röviden: frenchfood). Általában véve ezen dokumentumok rugalmasságát vizsgáltuk, azaz azt, hogy a tervezett módosítások mennyire hatékonyan kivitelezhetők.

Ha a dokumentum helyesen szerkesztett és formázott, a javítás és a formázás ki marad mind a szövegkezelési folyamatból. Továbbá, ha az eredeti dokumentum hibákat tartalmaz, a módosításokat mind az eredeti, mind a javított dokumentumban elvégezzük, hogy össze lehessen hasonlítani a dokumentum két formája által hordozott üzeneteket, információkat.

	javítás		formázás		1. módosítás		2. módosítás	
	idő (s)	entrópia (bit)	idő (s)	entrópia (bit)	idő (s)	entrópia (bit)	idő (s)	entrópia (bit)
gyógyszerek hibás	230,07	1,9336	103,94	2,4817	32,94	2,5338	79,96	3,5219
gyógyszerek helyes					11,95	0,9841	4,92	0,9609
frenchfood hibás	382,92	3,7316	100,03	2,7438	402,97	2,8087	299,98	3,1260
frenchfood helyes					184,98	1,8300	19,08	0,9489

4. táblázat: A vizsgált dokumentumok javításának, formázásának és a módosítási feladatok elvégzésének ideje (s) és entrópiája (bit).

Arra a következtetésre jutottunk, hogy az eredeti hibás dokumentumokban a módosítása lényegesen erőforrásigényesebb, mint a helyes dokumentumokban (4. táblázat). Általánosságban megállapíthatjuk tehát, hogy a hibás dokumentumok kezelése nehezebb, bonyolultabb és forrásigényesebb, mint a helyes dokumentumoké, mely a [T4] tézist igazolja. Továbbá bizonyítja, hogy a minimális útmutatás nem elegendő az alapvető szövegszerkesztési ismeretek elsajátításához.

[T5] A fenntarthatósági arány – a [0; 1] intervallumon értelmezve – hibás dokumentumokban alacsonyabb, mint ezek helyes megfelelőjében.

Egy feladat fenntarthatósági aránya levezethető a feladat atomi lépéseinek időtartamából, információtartalmából és entrópiájából. Ezekkel az értékekkel meghatározhatjuk a anyag/helytelen szövegkezeléshez kapcsolódó veszteség mértékét, figyelembe véve mind az emberi, mind a számítógépes erőforrásokat.

Az általunk megadott definíció alapján a fenntarthatósági arány a [0, 1] tartományban van, ahol 0 a járulékos javításokat, 1 pedig a helyes dokumentum tervezett módosításainak fenntarthatósági arányát jelzi. Hibás dokumentum esetén ez a tartomány]0, 1[.

A fenntarthatósági arány számításához egy 213 oldalas digitális jelentést választottunk, amely egy számozott listákkal túlzásúfolt MS Word dokumentum. A dokumentumban található hibák hossza és jellege miatt szelektíven csak a fejezetek számozására, a bekezdések számozására és a módosítások következményeire (beleértve a tartalomjegyzéket és a kereszthivatkozásokat) összpontosítottunk. A dokumentum egyéb listákat is tartalmaz, például lábjegyzeteket, ábrákat és táblázatokat, melyeket a mérés során figyelmen kívül hagytuk.

A teljes dokumentum javítását munkacsoportunk két tagja végezte és megközelítőleg 67 órát igényelt, így összességében 2-szer 67 órára volt szükség. A dokumentum bekezdéseinek számozásán végzett javítás 188,15 másodpercet vett igénybe, az entrópia 3,1505 ($Eb = 4$).

Annak demonstrálására, hogy mennyire problémás volt az eredeti dokumentum, mindkét dokumentumon ugyanazokat a módosításokat végeztük el.

- Az eredeti 1. fejezet elé egy új 1. fejezetet illesztettünk be. Ezzel a feladattal demonstrálhattuk és mérhettük, hogy egy ilyen módosítás hogyan hat a fejezetek számozására, a tartalomjegyzékre és a fejezetekre való keresztivatkozásokra.
- Az első tartalmi bekezdést bemásoltuk és beillesztettük az eredeti 1. bekezdés elé. Ezzel a másolással bizonyítani tudtuk a kézi átszámozás hátrányait és az automatizált számozás hatékonyságát.

A helyes dokumentumban 6 atomi lépés alapján 64,12 másodperc alatt végeztük el az új 1. fejezet beillesztését, az entrópia pedig 1,8540 ($Eb = 2$). Az eredeti (hibás) dokumentumban ugyanennek a módosításnak a végrehajtásához 63 lépésre és 1048 másodpercire volt szükség, az entrópia 4,0874 ($Eb = 5$), amely eredmény összhangban van [T4] tézissel. Az eredeti (hibás) dokumentumban ezen módosítás fenntarthatósági arányának kiszámításához a rögzített időt és a számított entrópiát használtuk és 0,0078 fenntarthatósági arányt kaptunk, ami rendkívül közel van a 0-hoz, ez részben igazolja a [T5] tézist.

A helyes dokumentumban az 1. bekezdés másolása 4 atomi lépést igényelt, amelyet 6 másodperc alatt 1,9265 entrópiával ($Eb = 2$) tudunk elvégezni. Ugyanennek a feladatnak az elvégzéséhez a hibás szövegben 150 atomi lépésre volt szükségünk, ami 714 másodpercet vett igénybe 7,1244 entrópiával ($Eb = 8$). Ez az eredmény szintén a [T4] tézist támasztja alá. A hibás dokumentumban ennek az egyszerű feladatnak (egy számozott bekezdés beillesztése) a fenntarthatósági aránya 0,0001.

A hibás dokumentum módosításának a fenntarthatósági aránya tehát 0-hoz közeli érték az elemzett dokumentumban, mely a [T5] tézist támasztja alá. Ez az eredmény azt jelenti, hogy az emberi és gépi erőforrásvesztés rendkívül magas, a végfelhasználók alacsony számítógépes gondolkodási készségei, képességei és a minőségi digitális adatfeldolgozás iránti igény hiánya miatt.

4. Hosszútávú tervek

Hosszútávú célunk felhívni a figyelmet az ember szerepére a digitális fenntarthatóságban és megoldásokat kínálni az emberi és gépi erőforrások pazarlásának csökkentésére az oktatáson keresztül [29][33]. További célunk és/vagy reményünk, hogy képesek leszünk elérni egy olyan közösséget, amely nyitott a digitális fenntarthatóság problémáira és a helytelen és hibás végfelhasználói tevékenységekből származó veszteségek csökkentésére és eliminálására. Kutatási eredményeink alapján azt gondoljuk, hogy ezen cél elérése érdekében először is fejleszteni kell a tanárok számítógépes gondolkodási készségét – függetlenül a tantárgyuktól [33]. Amint képesek

felismerni az információtartalom fontosságát és a digitális szövegek fenntarthatóságát, el tudják dönteni, hogy egy szöveg megfelelően van-e szerkesztve, meg tudják tanítani a módszert a diákjaiknak, majd elvárhatják tőlük a digitális szövegek helyes kezelését.

Eredményeink alapján további vizsgálatokra van szükség, hogy bizonyítani tudjuk, mennyire igényesek a különböző szövegek és a módosítási igények, de az már most is nyilvánvaló, hogy a hibás szövegkezelés és az alapvető számítógépes gondolkodási készségek hiánya értelmetlenül felemésztí erőforrásainkat. További kutatási kérdések, hogy a fenntarthatósági arány hogyan konvertálható minőségi oktatásra, hogyan számítható ki a tényleges pazarlás pénzben kifejezve, és hogyan lehet az oktatást és a veszteségeket egyensúlyba hozni, hogy az emberközpontú digitális irodai munka fenntartható legyen. A kiválasztott mintadokumentumok nem egyediek, számos hasonló dokumentum elérhető az interneten, amelyeket a szerzők megosztanak és azok az olvasók újra megosztanak, akik nem ismerik az ezekben a dokumentumokban található hibákat. Ez magában foglalja azt is, hogy a fenntarthatósági elemzések elvégzéséhez szükséges források óriási mennyiségben állnak rendelkezésre.

A bemutatott módszerrel objektív mérési eszközöket kínálunk összehasonlító elemzésekhez, valamint az oktatásban és az iparban (a való világban) keletkezett veszteségek méréséhez. Kiszámíthatjuk, hogy egy dokumentum módosításához mennyi időre, hány alkalmazottra, irodára, számítógépre stb. van szükség, illetve mennyi energiát pazarolnak el a helytelen szövegkezeléssel. Remélhetőleg a dolgozatban bemutatott megközelítés és módszer nem tűnik el észrevétlenül – ahogy az a korábbi hasonló eredményekkel történt –, és az eredmények alapján felhívhatjuk a figyelmet az emberközpontú digitális fenntarthatóság szerepére és fontosságára. Továbbá reméljük, hogy olyan tankönyveket látunk majd, amelyek maguk mögött hagyják az eszközközpontú, tolvól elvű számítógépes oktatási rendszereket, és áttérnek az emberközpontú, koncepció-alapú problémamegoldásra.

Fontosnak tartom még kiemelni, hogy a dolgozatban bemutatott eredményeket szövegszerkesztői dokumentumokon végzett mérések alapján fogalmaztuk meg. Ugyanakkor, a módszert alkalmazva, hasonló méréseket tudunk végezni annak ellenőrzése, hogy egyéb szöveges dokumentumok (pl. prezentációk, weblapok, hirdetések, online oktatási értékelő és ellenőrző rendszerek) mennyiben felelnek meg a helyesen szerkesztett dokumentum definíciójának, ezek létrehozásához és módosításához mekkora információtartalom szükséges és milyen a dokumentumok fenntarthatósági aránya, mennyi veszteséget termelünk a helytelen dokumentumkezelési gyakorlatokkal.

5. Irodalomjegyzék

- [1] T. Ohno, *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. New York: Productivity Press, 1988.
- [2] J. F. Krafcik, Triumph of the Lean Production System, *Sloan Management Review*, vol. 30, no. 1, pp. 41–52, 1988.
- [3] N. Modig and P. Åhlström, *This Is Lean. Resolving the Efficiency Paradox*. Stockholm: Rheologica Publishing, 2018.
- [4] J. P. Womack and D. T. Jones, *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. London: Simon & Schuster, 2003.
- [5] M. Rother, *Toyota Kata: Managing People for Continuous Improvement, Adaptiveness, and Superior Results*. New York: McGraw-Hill, 2010.
- [6] C. Wolfram, *The Math(s) FIX: An Education Blueprint for the AI Age*. Wolfram Media, Inc., 2020.
- [7] M. Dondi, J. Klier, F. Panier, and J. Schubert, Defining the skills citizens will need in the future world of work, Future-citizen skills McKinsey, European Court of Human Rights, *European Convention on Human Rights*. Strasbourg, UE: Council of Europe, 1950. Available at: https://www.echr.coe.int/documents/convention_eng.pdf. (letöltés dátuma: 2024 január).
- [8] Future of jobs report 2023 - World Economic Forum, WEF_Future_of_Jobs_2023.pdf, (letöltés dátuma: 2024 január).
- [9] J. B. Biggs and K. F. Collis, Origin and description of the solo taxonomy, *Evaluating the Quality of Learning*, pp. 17–31, 1982. doi:10.1016/b978-0-12-097552-5.50007-7
- [10] R. Lister, B. Simon, E. Thompson, J. L. Whalley, and C. Prasad, Not seeing the forest for the trees, *ACM SIGCSE Bulletin*, vol. 38, no. 3, pp. 118–122, 2006. doi:10.1145/1140123.1140157
- [11] J. Sheard, A. Carbone, R. Lister, B. Simon, E. Thompson, J. Whalley, Going solo to assess novice programmers, *ACM SIGCSE Bulletin*, vol. 40, no. 3, pp. 209–213, 2008. doi:10.1145/1597849.1384328
- [12] P. Biro and M. Csernoch, Deep and surface metacognitive processes in non-traditional programming tasks, *2014 5th IEEE Conference on Cognitive Infocommunications (CogInfoCom)*, Nov. 2014. doi:10.1109/coginfo-com.2014.7020507
- [13] P. Sestoft, *Spreadsheet Technology*. Copenhagen: IT University of Copenhagen, 2011.

- [14] M. Csernoch, *Programozás Táblázatkezelő Függvényekkel; Sprego: Táblázatkezelés Csupán Egy Tucát Függvénnyel*. Budapest: Műszaki Könyvkiadó Kft., 2014.
- [15] M. Csernoch and P. Biró, Sprego Programming, *Spreadsheets in Education*, vol. 8, 2015. doi:<https://sie.scholasticahq.com/article/4638-sprego-programming>
- [16] J. M. Wing, Computational thinking, *Communications of the ACM*, vol. 49, no. 3, pp. 33–35, 2006. doi:10.1145/1118178.1118215
- [17] M. Csernoch, P. Biró, J. Máth and K. Abari, Testing algorithmic skills in traditional and non-traditional programming environments. *Informatics in Education*, 14(2), 175–197, 2015. <https://doi.org/10.15388/infedu.2015.11>
- [18] P. Biró and M. Csernoch, Maths problems in pseudo-codes compared to computer usage, *END2018: International conference on Education and New Developments*, pp. 341–346, 2018.
- [19] P. Papp and M. Csernoch, A táblázatkezelés a problémamegoldás? *InfoÉra 2018*, pp. 187–201, Available at: https://people.inf.elte.hu/szlavi/InfoDidact18/Infodidact2018.pdf?fbclid=IwAR38Vk3h2w_81Iv61C76V6xkEr-pLdxX4Ubc96P4VuR4EXYmIFW0b5-Jj0Z4. (letöltés dátuma: 2024 január).
- [20] P. Sestoft, *Spreadsheet Technology*. Copenhagen: IT University of Copenhagen, 2011.
- [21] P. Biró, M. Csernoch, K. Abari and J. Máth, Testing Algorithmic and Application Skills. *Turk. Online J. Educ. Technol. Spec.* 2015, pp. 536–543.
- [22] P. Hubwieser, Functional modelling in secondary schools using spreadsheets, *Education and Information Technologies*, vol. 9, no. 2, pp. 175–183, 2004. doi:10.1023/b:eait.0000027929.91773.ab
- [23] R. Abraham, M. M. Burnett, and M. Erwig, Spreadsheet programming, *Wiley Encyclopedia of Computer Science and Engineering*, pp. 2804–2810, 2009. doi:10.1002/9780470050118.ecse415
- [24] G. Csapó, M. Csernoch, and K. Abari, Sprego: Case study on the effectiveness of teaching spreadsheet management with schema construction, *Education and Information Technologies*, vol. 25, no. 3, pp. 1585–1605, 2019. doi:10.1007/s10639-019-10024-2
- [25] G. Csapó, K. Sebestyén, M. Csernoch, and K. Abari, Case study: Developing long-term knowledge with Sprego, *Education and Information Technologies*, vol. 26, no. 1, pp. 965–982, 2020. doi:10.1007/s10639-020-10295-0

- [26] R. Lister, B. Simon, E. Thompson, J. L. Whalley, and C. Prasad, Not seeing the forest for the trees, *ACM SIGCSE Bulletin*, vol. 38, no. 3, pp. 118–122, 2006. doi:10.1145/1140123.1140157
- [27] K. Hankiewicz and M. Butlewski, Efficiency in performing basic tasks using word processing programs by the elderly as a measure of the ergonomic quality of software, *Lecture Notes in Computer Science*, pp. 481–488, 2014. doi:10.1007/978-3-319-07233-3_44
- [28] D. Kruger and D. Dunning, Unskilled and unaware of it: How difficulties in recognizing one’s own incompetence lead to inflated self-assessments., *Journal of Personality and Social Psychology*, vol. 77, no. 6, pp. 1121–1134, 1999. doi:10.1037/0022-3514.77.6.1121
- [29] M. Prensky, Digital Natives, digital immigrants, *On the Horizon*, vol. 9, no. 5, pp. 1–6, 2001. doi:10.1108/10748120110424816.
- [30] P. A. Kirschner and P. De Bruyckere, The myths of the digital native and the Multitasker, *Teaching and Teacher Education*, vol. 67, pp. 135–142, 2017. doi:10.1016/j.tate.2017.06.001
- [31] M. Csernoch, Thinking fast and slow in computer problem solving, *Journal of Software Engineering and Applications*, vol. 10, no. 01, pp. 11–40, 2017. doi:10.4236/jsea.2017.101002
- [32] J. Chen, D. Morris, and N. Mansour, Science Teachers’ Beliefs: Perceptions of Efficacy and the Nature of Scientific Knowledge and Knowing, *International Handbook of Research on Teachers’ Beliefs*, pp. 382–398, Nov. 2014. doi:10.4324/9780203108437-31
- [33] J. Hattie, *Visible Learning for Teachers: Maximizing Impact on Learning*. New York, New York: Routledge, 2012.
- [34] P. Biró and M. Csernoch, The mathability of computer problem solving approaches, *2015 6th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications (CogInfoCom)*, pp. 111–114, 2015. doi:10.1109/cogincom.2015.7390574
- [35] P. Biro and M. Csernoch, The mathability of Spreadsheet Tools, *2015 6th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications (CogInfoCom)*, Oct. 2015. doi:10.1109/cogincom.2015.7390573
- [36] M. Csernoch, *Programozás Táblázatkezelő Függvényekkel; Sprego: Táblázatkezelés Csupán Egy Tucát Függvénnyel*. Budapest: Műszaki Könyvkiadó Kft., 2014.
- [37] M. Csernoch and P. Biró, Sprego Programming, *Spreadsheets in Education*, vol. 8, 2015. doi:https://sie.scholasticahq.com/article/4638-sprego-programming

- [38] G. Csapó, M. Csernoch, and K. Abari, Sprego: Case study on the effectiveness of teaching spreadsheet management with schema construction, *Education and Information Technologies*, vol. 25, no. 3, pp. 1585–1605, 2019. doi:10.1007/s10639-019-10024-2
- [39] G. Csapó, K. Sebestyén, M. Csernoch, and K. Abari, Case study: Developing long-term knowledge with Sprego, *Education and Information Technologies*, vol. 26, no. 1, pp. 965–982, 2020. doi:10.1007/s10639-020-10295-0
- [40] M. Csernoch and P. Biró, Wasting Human and Computer Resources, *International Journal of Social, Education, Economics and Management Engineering*, vol. 9, no. 2, pp. 573–581, 2015.
- [41] S. R. Dodlapati, P. Lakkaraju, N. Tulluru, and Z. Zeng, Non Printable & special characters: Problems and how to overcome them, <https://www.lexjansen.com/nesug/nesug10/ff/ff04.pdf> (letöltés dátuma: 2023 január).
- [42] C. K. Kenyon, Show/hide non-printing formatting characters, <https://www.addbalance.com/word/nonprinting.htm> (letöltés dátuma: 2023 január).
- [43] S. Barnhill, Word’s nonprinting formatting marks, Nonprinting Formatting Marks, <http://wordfaqs.ssbarhill.com/NonprintChars.htm> (letöltés dátuma: 2023 január).
- [44] E. Curts, How to show non-printing characters in google docs, LaptrinhX, <https://laptrinhx.com/how-to-show-non-printing-characters-in-google-docs-989631243/>



Nyilvántartási szám: DEENK/74/2024.PL
Tárgy: PhD Publikációs Lista

Jelölt: Horváthné Nagy Tímea
Doktori Iskola: Informatikai Tudományok Doktori Iskola
MTMT azonosító: 10066965

A PhD értekezés alapjául szolgáló közlemények

Magyar nyelvű könyvrészletek (1)

1. **Nagy, T. K.:** Az informatika kerettanterv elemzése.

In: A világ interdiszciplináris megközelítésben 3.. Szerk.: Mező Ferenc, Mező Katalin, Mándy Zsuzsanna, Mester Dolli, Debreceni Egyetem, Debrecen, 25-40, 2018. ISBN: 9789634900573

Idegen nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (1)

2. **Nagy, T. K., Csernoch, M., Máth, J.:** Cross-Curricular Connections and Knowledge-Transfer Elements in Data Management.

Acta Polytech. Hung. 19 (1), 133-149, 2022. ISSN: 1785-8860.

DOI: <http://dx.doi.org/10.12700/APH.19.1.2022.19.9>

IF: 1.7

Idegen nyelvű tudományos közlemények külföldi folyóiratban (4)

3. Csernoch, M., **Nagy, T. K.,** Nagy, K., Csernoch, J., Hannusch, C.: Human-centered digital sustainability: handling enumerated lists in digital texts.

IEEE Access. 12, 30544-30561, 2024. ISSN: 2169-3536.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3369587>

IF: 3.9 (2022)

4. Csernoch, M., Nagy, K., **Nagy, T. K.:** The Entropy of Digital Texts - The Mathematical Background of Correctness.

Entropy. 25 (2), 1-34, 2023. EISSN: 1099-4300.

DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/e25020302>

IF: 2.7 (2022)

5. Csernoch, M., Máth, J., **Nagy, T. K.:** The Interpretation of Graphical Information in Word Processing.

Entropy. 24 (10), 1-16, 2022. EISSN: 1099-4300.

DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/e24101492>

IF: 2.7





6. **Nagy, T. K.**, Csernoch, M., Biró, P.: The Comparison of Students' Self-Assessment, Gender, and Programming-Oriented Spreadsheet Skills.
Education Sciences. 11 (10), 1-29, 2021. EISSN: 2227-7102.
DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/educsci11100590>

Magyar nyelvű konferencia közlemények (1)

7. **Nagy, T. K.**, Csernoch, M.: Számítógépes problémamegoldás mérése az informatikaórán.
In: INFODIDACT'2018 11. Informatika Szakmódszertani Konferencia / Szlávi Péter, Zsakó László, Webdidaktika Alapítvány, Budapest, 133-154, 2019. ISBN: 9786158060820

Idegen nyelvű konferencia közlemények (1)

8. **Nagy, T. K.**, Csernoch, M.: The Paradox of the Hungarian Frame Curricula in Informatics.
Turk. Online J. Educ. Technol. 2, 783-795, 2018. ISSN: 2146-7242.

További közlemények

Magyar nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (1)

9. Sebestyén, K., **Nagy, T. K.**, Csernoch, M.: Tanulók szövegkezelés-ismereteinek és önértékelésének kapcsolata.
Inform. társad. 23 (1), 117-138, 2023. ISSN: 1587-8694.
DOI: <http://dx.doi.org/10.22503/infars.XXIII.2023.1.7>
IF: 0.3 (2022)

Magyar nyelvű absztrakt kiadványok (1)

10. **Nagy, T. K.**, Csernoch, M.: 7-10. évfolyamos tanulók tudástransfer alapú számítógépes gondolkodásának elemzése.
In: ADA 2019 : Rövid absztraktok, Debreceni Egyetemi Kiadó, Debrecen, 12, 2019.

A közlő folyóiratok összesített impact faktora: 11,3

A közlő folyóiratok összesített impact faktora (az értekezés alapjául szolgáló közleményekre):

11

A DEENK a Jelölt által az iDEa Tudóstérbe feltöltött adatok bibliográfiai és tudományos metrikai ellenőrzését a tudományos adatbázisok és a Journal Citation Reports Impact Factor lista alapján elvégezte.

Debrecen, 2024.03.05.



Short thesis for the degree of doctor of philosophy (PhD)

Knowledge-transfer elements in computer problem-solving

by Tímea Horváthné Nagy
Supervisor: Mária Csernoch



UNIVERSITY OF DEBRECEN
Doctoral School of Informatics

Debrecen, 2024

1. Introduction

A huge industry is built upon end-users, but hardly anyone is concerned about how effectively and efficiently they apply both the methodologies and the tools developed for them and how efficiently resources assigned to these activities are used. Primarily, tech companies – both producing hardware and software – and many more accompanying industries make profit on end-users, on their lack of digital competencies, and low-level computational thinking skills. However, the question is not how much profit is gained by certain groups but how much waste is generated, unnoticed, or noticed.

Education is one of the primary concerns of end-user analyses, since tech companies have been flooding end-users with their tools and user-friendly slogans but have been unable to produce real user-friendly methods. In general, digital education is a push production system that by definition builds up waste [1]–[5]. On the one hand, education gains a lot, since providing courses and accompanying materials makes a huge industry flourish. On the other hand, education is the biggest loser in this situation since no significant improvement can be detected in end-user activities and production.

In general, end-users are blind or blinded to tech products, and “with no effective, general education in computational thinking, most people can easily be misled, and they are” [6].

Toyota claims that they want to build better cars for more people [1]. We claim that we want to offer better computer education and skills for more people required for the future of jobs [6][8], not only for the chosen groups (e.g., IT professionals).

2. Mini-competence test

In 2018, we designed a mini-competence test to measure the computer skills of primary and secondary school students (Grades 7–10). The test aims to examine the effectiveness of informatics education, identify specific knowledge elements, and measure the activation of knowledge transfer elements.

The results demonstrate that the widely accepted tool-oriented approaches in computer-based and computer-assisted education, which lack knowledge transfer elements, lead to inefficient computational problem solving, with the further consequences of high student attrition in higher education in IT, shortages of IT specialists in industry, and huge financial losses in non-professional IT due to careless data management. 8 880 students from 93 schools participated our research project. The measurement was aimed at students in Grades 7–10, complemented by additional respondents from Grades 5–6 and 11–13.

2.1 Spreadsheet management

2.1.1 Formula completion

In the formula completion task, students had to complete the empty formulas to syntactically correct the formulas and add an explanation on the range entered. The solution is shown in the following figure with Hungarian settings (Figure 1).

	A		A
1	SZUM(A2 A20	1	SZUM(A2 A20
	A		A
1	= SZUM(A2:A20)	1	= SZUM(A2;A20)
A2 to A20		A2 and A20	

Figure 1: Solution to the formula completion task with Hungarian language spreadsheet settings.

2.1.2 Order of execution

In the order of execution task, students had to identify the order in which the operations in the given formula (Figure 2) are evaluated by the spreadsheet. The solution to the problem is shown in Table 1.

=HA(ÁTLAG(D2:D58)-50<A5;"a";"")

Figure 2: Formula in the order of execution task.

Step 1	Calculating the Average or Calling the AVERAGE() Function
Step 2	subtracting 50 from the average or subtracting
Step 3	asking a yes/no question: the difference is less than 50? or asking a question
Step 4	calling the IF() function

Table 1: The solution of the order of execution task.

2.1.3 Data types, data analysis

The data types task is focused on recognizing the data types presented in the given table, the correct/incorrect use of the thousand separator and decimal separator, and transferring knowledge of the different data types to database management and programming.

The students were asked to identify the data types in each column of the sample table (Figure 3), the number of data records, and the minimum and maximum numbers in column B. The data type of each column is shown in the following table (Table 2). The table has hidden rows, so there are 251 rows in the table, but the first row is reserved for field names, so the table contains 250 data records. In column B, the highest number in the sample is 736, while the lowest number is 1,062 (1.062 in English).

	A	B	C	D
1	Felhasználó	Feltöltés	Feliratkozó	Megtekintés
2	VamosART	484	1,107,555	226,195,766
3	Videómánia	338	833,23	254,545,702
4	PamKutya	120	809,866	223,441,355
5	LetsGoMartin	176	725,638	162,798,559
6	TheVR	1,062	592,675	213,550,948
7	luckeY	1,183	561,13	150,341,428
8	Peter Gergely	100	548,241	79,713,757
9	Scribble Netty	159	546,049	74,234,471
248	Szilvagliam	87	61,899	3,918,538
249	rance flow	524	61,863	53,275,385
250	KIS GRÓFO (official)	9	61,65	30,712,031
251	KODIAK	736	61,467	14,599,194

Figure 3: The table of data types in the data analysis exercise.

Column A	Column B	Column C	Column D
text	integer: (B2:B5), (B8:B9), and (B248:B251)	real: (C3:C251)	text
	real: (B2:B7)	text: C2	

Table 2: The data types of the cells.

2.1.4 Array formula

In the array formula task, students had to determine the result of the formula in the sample (Figure 4), which is: determine (write out) the number of users starting with L.

$$\{=SZUM(HA(BAL(A2:A251)="L";1))\}$$

$$\{=SUM(IF(LEFT(A2:A251)="L",1))\}$$

Figure 4: Formula in the array formula task.

2.2 Text management

From the text management section, we analysed the results of the numbering task (Figure 5), which focuses on the distinction between automatic numbering and manual numbering. The aim of the task is to reveal whether the students know that one bit of information – the position of the cursor – is enough to answer the question. The correct answer is E.

- A 1.A·növény·részei¶
- B **3.·Termodinamikus·kölcönhatás¶**
- C |b.|·Gabonafélék¶
- D ♥ → Petőfi·szerelmi·költészete¶
- E 4.·Magyarázza·el·a·ciklusok·működését!

Figure 5: Numbering task samples.

2.3 SOLO Categories

The SOLO categories of understanding [9]–[11] were created to measure classical programming knowledge, identify levels of understanding of programming tasks, and define five levels based on student performance (Table 3, left).

The usability of the SOLO categories for functional programming language problems has already been proven in previous studies [12] (Table 3, right), considering that the concept-based spreadsheet approaches are first-order functional programming solutions [13]–[15]. In the present framework, due to the characteristics of the tasks, it was not possible to measure the Extended abstract level.

Original SOLO categories	Modified SOLO categories
	Ignored (I)
Prestructural (P)	Prestructural (P)
Unistructural (U)	Unistructural (U)
Multistructural (M)	Multistructural (M)
Relational (R)	Relational (R)
Extended abstract (EA)	Extended abstract (EA)

Table 3: The original SOLO categories for programming tasks and the modified SOLO categories for table management tasks.

- 1) The student skips the task. (Ignored).
- 2) There is no relationship between the answer and the question and between the answer and the correct answer. (Prestructural).
- 3) The student detects and marks correctly one of several items in the answer, the others are incorrect. (Unistructural).
- 4) The student identifies several items in the answer but is not able to treat them as a unit and give the correct answer. (Multistructural).
- 5) The student recognizes all the items, connects them, and formulates the correct answer. (Relational).

3. Theses

[T1] Low level spreadsheet skills affect effective operation and self-evaluation.

Most of the spreadsheet tasks are evaluated by the SOLO categories of understanding, which is a widely accepted method in teaching programming. In accordance with the programming nature of the tasks presented in the test, four levels of both spreadsheeting and self-assessment SOLO categories are set up. The self-assessment values provided by the students reveal a strong confidence in their spreadsheet knowledge, especially for those students who studied spreadsheeting in school. On the contrary, most of the students' results based on the three tasks of the test are pre-structural, which means that no recognizable pieces of knowledge are present. The

students' results demonstrate that the decontextualized, tool-centered, low-mathability approaches that characterize computer science education are inadequate for developing students' problem-solving and computational thinking skills [16]–[27]. Furthermore, in complete accordance with the Dunning-Kruger effect [28], the pre-structural level of understanding (missing the point) prevents students from seeing what they do not know.

Considering the activation of knowledge-transfer items, the results reveal that some pieces from mathematics allow students to reach the relational level of understanding in the specific task. However, hardly any traces of spreadsheet knowledge-transfer are evident, which prevents students from transforming pieces of knowledge from one task to another, or, in other words, from classroom activities to problem-solving, and from knowing the names of functions to applying them at the relational level of understanding.

At present, studying spreadsheeting seems to be only for the sake of learning how the user interface works, without any meaningful further aims. We can conclude from the results of the test that spreadsheet education at this stage does not support the development of students' computational thinking and algorithmic skills. As a result, students cannot reach the relational level of understanding, not to mention the extended abstract category, which is one level above relational. One must also note that – contrary to Prensky's unproven claims considering digital generations [29] – even digital children are in great need of educational support [30]. To provide this support, we must have expert teachers [31]–[33] who can break away from the widely accepted tool-centred, low-mathability teaching and testing approaches, and switch to high-mathability problem-solving approaches [34]–[39]. These results prove thesis [T1].

[T2] Digital tools and their use at school and in private life affect spreadsheet skills and data management in a spreadsheet environment.

Our aim was to explore how digital tools and their use both at school and everyday life can affect spreadsheet competence and data management in a spreadsheet environment. We used the time spent on digital tools and the tasks of the spreadsheet topic to reveal connections. Students have scored low in all spreadsheet tasks, and the extremely high number of zeros deforms the results of those who scored higher. The data types task is an exception because it is a multiple-choice question where random marks lead to partially correct answers. However, the total number of correct answers in this task is not higher than in the other tasks.

Considering students' spreadsheet knowledge, it is remarkable that around two-thirds of the students scored zero. The analyses revealed that in general computer use in school and mobile use altogether do not affect spreadsheet knowledge, while mobile use in school has a negative effect; the more they use these tools, the lower their results are. In further analyses, where we only considered the results of students who scored above zero, we found that these tools did not have a negative impact on

students' results. A positive effect was found in the data analysis and formula completion tasks.

This study does not go into the details of classroom activities; however, it seems reasonable that students primarily use these devices for communication and data retrieval, including the extremely popular online voting systems. It seems that students do not have the motivation and the need to use digital tools for problem-solving and/or productive activities. It seems that school does not make students create valuable digital products, and the very same school cannot provide an objective measurement to evaluate students' digital activities beyond pointless clicking.

These results clearly prove thesis [T2] and reveal that being born digital natives does not make digital knowledge, at least not in spreadsheeting. Students' digital competences, computational thinking skills, and the ability to communicate with a machine require conscious educational concepts and the development of teachers' related digital and methodological skills and abilities.

[T3] Based on the semantics of automatic numbering, significantly more than the required one bit of information needs to be put into the teaching-learning channels in order to be understood and effectively used by the end-user.

In general, one bit of information on the GUI—the position of the cursor—is enough to tell whether a numbering is manual or automated. The one bit with its two values matches the two options, namely, whether the cursor can be positioned the furthest to the left in the line of the number/character or not. To decide how much information must be put on the channel—the teaching–learning process—in order to reach end-users, we designed and implemented a method that includes the analysis of teaching, learning, tutorial, and testing sources, the collection and analysis of Word documents shared on the internet or in closed groups, the testing of grade 7–10 students' knowledge in automated numbering, and calculating the entropy of automated numbering.

The results of the mini competence test reveal that most of the students in Grades 7–10 cannot distinguish between manual and automated numbering in MS Word samples. They do not know that one bit of information put on the GUI—the position of the cursor—can be enough to decide which sample has manual or automated numbering. The supporting documents focus exclusively on tools, paying no attention to the information put on the GUI, the semantics of the commands of the word processor [40], or the information that the non-printing characters carry [42]–[43]. It is found that the entropy is 3.0961. This means that at least three bits are needed to transfer the information from the GUI of the word processor to end-users. To gain the level of knowledge at which one bit—the position of the cursor—is enough to tell whether the numbering is automated, at least three bits of information must be put on the channel. This implies that, in the teaching–learning process, saying that automated numbering is nothing more than one click on one of the numbering buttons is not enough. The messages of the GUI and the fundamentals of text management must be taught and learned consciously. End-users must gain the knowledge

that the developers of the word processors put on the GUI. This result proves thesis [T3].

[T4] Modification tasks require more data (higher entropy) in erroneous documents than in their correct counterparts.

Two documents of different content and length were selected for the measurement, each carrying both quantitative and qualitative errors. One of them is a one-page document containing only text elements (medicines). The other document contains a combination of text content, images, other graphical objects, and two table imitations (frenchfood). In general, the flexibility of these documents was tested, i.e., the extent to which the planned changes could be applied to them.

If the document is properly edited and formatted, the correction and formatting of the document are left out of both the text-management process and the analysis. Furthermore, if the original document carries errors, modifications were applied to both the original and the corrected documents to be able to compare the messages that the two forms of the document carry.

	modification		formatting		modification 1		modification2	
	time (s)	entropy (bit)	time (s)	entropy (bit)	time (s)	entropy (bit)	time (s)	entropy (bit)
medicines error	230.07	1.9336	103.94	2.4817	32.94	2.5338	79.96	3.5219
medicines correct					11.95	0.9841	4.92	0.9609
frenchfood error	382.92	3.7316	100.03	2.7438	402.97	2.8087	299.98	3.1260
frenchfood coorrect	100.03	2.7438			184.98	1.8300	19.08	0.9489

5. táblázat: The time (s) needed to correct, format and modify documents, and the entropy.

To prove thesis [T4], the mentioned two erroneous documents were analysed, corrected, formatted, and then modified in both the original, and corrected documents. It was found that it takes significantly more resources to modify the original incorrect documents than the correct documents. In general, we can conclude that handling erroneous documents is more difficult, complicated, and demanding than handling correct ones. Furthermore, it proves that minimal guidance is not enough to teach fundamental word processing. A lot more data must be put on the channel than course books and other teaching-learning materials suggest.

[T5] The sustainability rate of erroneous documents is lower than that of their correct analogue. Consequently, enormous losses are generated by the modification of erroneous documents.

We have found that the sustainability rate of a task can be derived from the duration, the information content, and the entropy of the atomic steps of the task. With these values, we can calculate the amount of waste connected to negligent text

handling and management when both human and computer resources are considered. The sustainability rate value is in the $[0, 1]$ range: 0 indicating collateral corrections and 1 the planned modifications of a correct document. In an erroneous document, this range is $]0, 1[$.

To calculate the sustainability rate, a 213-page-long digital report was selected, which is an MS Word document overloaded with numbered lists. Due to the length and nature of the errors in this document, the present study selectively focuses on the following issues:

- numbering of chapters (serving as section headers),
- numbering of paragraphs (serving as content paragraphs),
- consequences of modifications, including the Table of Contents (TOC) and cross-references.

The document contains other partially enumerated lists, such as footnotes, figures, and tables, that were not included in the measurement.

The correction of the whole document was carried out by two members of our team and required approximately 67 hours, so a total of 2 times 67 hours were needed. Clearing all the manual numbering from the original document took them 188.15 seconds, with 3.1505 entropy ($Eb = 4$).

To demonstrate how fragile the original document was and how predictable the correct one became, we performed the same modifications on both documents.

- A new Chapter 1 was inserted in front of the original Chapter 1. With this task, we could demonstrate and measure how such a modification affects the numbering of chapters, the TOC, and the cross-references to chapters.
- The first content-paragraph was copied and pasted in front of the original Paragraph 1. With this copying, we could prove the immediate need for manual renumbering and the efficiency of automated numbering.

In the correct document, 6 atomic steps were recognizable, the time spent on these steps was 64.12 s, and the entropy was 1.8540 ($Eb = 2$) to modify Chapter 1. In the original (erroneous) document, where the update had to be performed manually, to execute the same modification, 63 steps and 1048 s were required with an entropy of 4.0874 ($Eb = 5$), which result is consistent with thesis [T4].

To calculate the sustainability rate of this modification (inserting a new chapter heading) in the original (erroneous) document, we used the recorded time and the calculated entropy, and the sustainability rate is 0.0078, which is extremely close to 0. This result partially confirms the thesis [T5].

In the correct document, copying Paragraph 1 required 4 atomic steps, which were completed in 6 s with an entropy of 1.9265 ($Eb = 2$). To perform the same task in the erroneous text, we needed 150 atomic steps, taking 714 s with an entropy of 7.1244 ($Eb = 8$, which also proves H1). In the erroneous document, the sustainability rate of this simple task (inserting a numbered content-paragraph) is 0.0001.

We have found that the sustainability rate of a task can be derived from the duration, the information content, and the entropy of the atomic steps of the task. We

found the sustainability rates to be close to 0 for both modification tasks, meaning that the waste of human and machine resources is extremely high, because of end-users' low-level computational thinking skills and ignorance of quality digital work. This result proves thesis [T5].

4. Future plans

Our long-term aim is to call attention to the human role in digital sustainability and offer solutions to reduce the waste of human and machine resources through education, this being crucial in the development process [29][33]. Our further aim and/or hope is that we will be able to reach an audience sensitive to digital sustainability and eliminating waste generated by negligent end-user activities.

To accomplish these goals, first the computational thinking skills of teachers – regardless of their subjects – should be developed [33]. Once they are able to recognise the importance of information content and the sustainability of digital texts, they can decide whether a text is properly edited, teach their students the method and then expect them to handle digital texts correctly.

Based on these results, more studies are required to find out how demanding various texts and other modification tasks are, but it is already obvious that erroneous text management and the lack of fundamental computational thinking skills use up our resources senselessly. Further research questions are how the sustainability rate can be converted into quality education, how the actual waste can be calculated in currency, and how education and waste can be balanced to make human-centred digital office work sustainable.

The selected sample documents are not unique, several similar – both in length and content – are available on the internet, shared by authors and re-shared by readers who are unaware of the errors which these documents carry. This includes that sources to carry out sustainability analyses are available in immense quantity.

With the presented method, an objective tool is offered to make comparative analysis and to measure the losses generated in both education and industry (in the real world). We can calculate how much time is needed to fulfil a modification task, how many computers, how much workspace and energy are needed and wasted due to negligent text handling. Hopefully, this approach will not end up unnoticed, and based on these results we can call attention to the role and importance of human-centred digital sustainability. Furthermore, we hope to see course books which leave behind the tool-centred push production systems, and switch to human-centred, concept-based problem solving.

It is also important to point out that the results presented here are based on measurements on word processing documents. However, by applying the method, we can perform similar measurements to determine to which extent other text-based documents (e.g. presentations, web pages, advertisements, online educational assessment and monitoring systems) meet the definition of a properly edited document, the amount of information required to create and modify them, the sustainability rate

of the documents, and the losses generated by incorrect document management practices.

5. References

- [1] T. Ohno, *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. New York: Productivity Press, 1988.
- [2] J. F. Krafcik, Triumph of the Lean Production System, *Sloan Management Review*, vol. 30, no. 1, pp. 41–52, 1988.
- [3] N. Modig and P. Åhlström, *This Is Lean. Resolving the Efficiency Paradox*. Stockholm: Rheologica Publishing, 2018.
- [4] J. P. Womack and D. T. Jones, *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. London: Simon & Schuster, 2003.
- [5] M. Rother, *Toyota Kata: Managing People for Continuous Improvement, Adaptiveness, and Superior Results*. New York: McGraw-Hill, 2010.
- [6] C. Wolfram, *The Math(s) FIX: An Education Blueprint for the AI Age*. Wolfram Media, Inc., 2020.
- [7] . Dondi, J. Klier, F. Panier, and J. Schubert, Defining the skills citizens will need in the future world of work, Future-citizen skills McKinsey, European Court of Human Rights, *European Convention on Human Rights*. Strasbourg, UE: Council of Europe, 1950. Available at: https://www.echr.coe.int/documents/convention_eng.pdf. (accessed Jan. 2024).
- [8] Future of jobs report 2023 - World Economic Forum, WEF_Future_of_Jobs_2023.pdf, https://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs_2023.pdf (accessed Jan. 2024).
- [9] J. B. Biggs and K. F. Collis, Origin and description of the solo taxonomy, *Evaluating the Quality of Learning*, pp. 17–31, 1982. doi:10.1016/b978-0-12-097552-5.50007-7
- [10] R. Lister, B. Simon, E. Thompson, J. L. Whalley, and C. Prasad, Not seeing the forest for the trees, *ACM SIGCSE Bulletin*, vol. 38, no. 3, pp. 118–122, 2006. doi:10.1145/1140123.1140157
- [11] J. Sheard, A. Carbone, R. Lister, B. Simon, E. Thompson, J. Whalley, Going solo to assess novice programmers, *ACM SIGCSE Bulletin*, vol. 40, no. 3, pp. 209–213, 2008. doi:10.1145/1597849.1384328
- [12] P. Biro and M. Csernoch, Deep and surface metacognitive processes in non-traditional programming tasks, *2014 5th IEEE Conference on Cognitive Infocommunications (CogInfoCom)*, Nov. 2014. doi:10.1109/coginfo-com.2014.7020507

- [13] P. Sestoft, *Spreadsheet Technology*. Copenhagen: IT University of Copenhagen, 2011.
- [14] M. Csernoch, *Programozás Táblázatkezelő Függvényekkel; Sprego: Táblázatkezelés Csupán Egy Tucát Függvénnyel*. Budapest: Műszaki Könyvkiadó Kft., 2014.
- [15] M. Csernoch and P. Biró, Sprego Programming, *Spreadsheets in Education*, vol. 8, 2015. doi:<https://sie.scholasticahq.com/article/4638-sprego-programming>
- [16] J. M. Wing, Computational thinking, *Communications of the ACM*, vol. 49, no. 3, pp. 33–35, 2006. doi:[10.1145/1118178.1118215](https://doi.org/10.1145/1118178.1118215)
- [17] M. Csernoch, P. Biró, J. Máth and K. Abari, Testing algorithmic skills in traditional and non-traditional programming environments. *Informatics in Education*, 14(2), 175–197, 2015. <https://doi.org/10.15388/infedu.2015.11>
- [18] P. Biró and M. Csernoch, Maths problems in pseudo-codes compared to computer usage, *END2018: International conference on Education and New Developments*, pp. 341–346, 2018.
- [19] P. Papp and M. Csernoch, A táblázatkezelés a problémamegoldás? *InfoÉra 2018*, pp. 187–201, Available at: https://people.inf.elte.hu/szlavi/InfoDidact18/Infodidact2018.pdf?fbclid=IwAR38Vk3h2w_81Iv61C76V6xkErpLdxX4Ubc96P4Vur4EXYmIFW0b5-Jj0Z4. (accessed Jan. 2024).
- [20] P. Sestoft, *Spreadsheet Technology*. Copenhagen: IT University of Copenhagen, 2011.
- [21] P. Biró, M. Csernoch, K. Abari and J. Máth, Testing Algorithmic and Application Skills. *Turk. Online J. Educ. Technol. Spec.* 2015, pp. 536–543.
- [22] P. Hubwieser, Functional modelling in secondary schools using spreadsheets, *Education and Information Technologies*, vol. 9, no. 2, pp. 175–183, 2004. doi:[10.1023/b:eait.0000027929.91773.ab](https://doi.org/10.1023/b:eait.0000027929.91773.ab)
- [23] R. Abraham, M. M. Burnett, and M. Erwig, Spreadsheet programming, *Wiley Encyclopedia of Computer Science and Engineering*, pp. 2804–2810, 2009. doi:[10.1002/9780470050118.ecse415](https://doi.org/10.1002/9780470050118.ecse415)
- [24] G. Csapó, M. Csernoch, and K. Abari, Sprego: Case study on the effectiveness of teaching spreadsheet management with schema construction, *Education and Information Technologies*, vol. 25, no. 3, pp. 1585–1605, 2019. doi:[10.1007/s10639-019-10024-2](https://doi.org/10.1007/s10639-019-10024-2)

- [25] G. Csapó, K. Sebestyén, M. Csernoch, and K. Abari, Case study: Developing long-term knowledge with Sprego, *Education and Information Technologies*, vol. 26, no. 1, pp. 965–982, 2020. doi:10.1007/s10639-020-10295-0
- [26] R. Lister, B. Simon, E. Thompson, J. L. Whalley, and C. Prasad, Not seeing the forest for the trees, *ACM SIGCSE Bulletin*, vol. 38, no. 3, pp. 118–122, 2006. doi:10.1145/1140123.1140157
- [27] K. Hankiewicz and M. Butlewski, Efficiency in performing basic tasks using word processing programs by the elderly as a measure of the ergonomic quality of software, *Lecture Notes in Computer Science*, pp. 481–488, 2014. doi:10.1007/978-3-319-07233-3_44
- [28] D. Kruger and D. Dunning, Unskilled and unaware of it: How difficulties in recognizing one’s own incompetence lead to inflated self-assessments., *Journal of Personality and Social Psychology*, vol. 77, no. 6, pp. 1121–1134, 1999. doi:10.1037/0022-3514.77.6.1121
- [29] M. Prensky, Digital Natives, digital immigrants, *On the Horizon*, vol. 9, no. 5, pp. 1–6, 2001. doi:10.1108/10748120110424816.
- [30] P. A. Kirschner and P. De Bruyckere, The myths of the digital native and the Multitasker, *Teaching and Teacher Education*, vol. 67, pp. 135–142, 2017. doi:10.1016/j.tate.2017.06.001
- [31] M. Csernoch, Thinking fast and slow in computer problem solving, *Journal of Software Engineering and Applications*, vol. 10, no. 01, pp. 11–40, 2017. doi:10.4236/jsea.2017.101002
- [32] J. Chen, D. Morris, and N. Mansour, Science Teachers’ Beliefs: Perceptions of Efficacy and the Nature of Scientific Knowledge and Knowing, *International Handbook of Research on Teachers’ Beliefs*, pp. 382–398, Nov. 2014. doi:10.4324/9780203108437-31
- [33] J. Hattie, *Visible Learning for Teachers: Maximizing Impact on Learning*. New York, New York: Routledge, 2012.
- [34] P. Biró and M. Csernoch, The mathability of computer problem solving approaches, *2015 6th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications (CogInfoCom)*, pp. 111–114, 2015. doi:10.1109/coginfo-com.2015.7390574
- [35] P. Biro and M. Csernoch, The mathability of Spreadsheet Tools, *2015 6th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications (CogInfoCom)*, Oct. 2015. doi:10.1109/coginfo-com.2015.7390573
- [36] M. Csernoch, *Programozás Táblázatkezelő Függvényekkel; Sprego: Táblázatkezelés Csupán Egy Tucát Függvénnyel*. Budapest: Műszaki Könyvkiadó Kft., 2014.

- [37] M. Csernoch and P. Biró, Sprego Programming, *Spreadsheets in Education*, vol. 8, 2015. doi:<https://sie.scholasticahq.com/article/4638-sprego-programming>
- [38] G. Csapó, M. Csernoch, and K. Abari, Sprego: Case study on the effectiveness of teaching spreadsheet management with schema construction, *Education and Information Technologies*, vol. 25, no. 3, pp. 1585–1605, 2019. doi:10.1007/s10639-019-10024-2
- [39] G. Csapó, K. Sebestyén, M. Csernoch, and K. Abari, Case study: Developing long-term knowledge with Sprego, *Education and Information Technologies*, vol. 26, no. 1, pp. 965–982, 2020. doi:10.1007/s10639-020-10295-0
- [40] M. Csernoch and P. Biró, Wasting Human and Computer Resources, *International Journal of Social, Education, Economics and Management Engineering*, vol. 9, no. 2, pp. 573–581, 2015.
- [41] S. R. Dodlapati, P. Lakkaraju, N. Tulluru, and Z. Zeng, Non Printable & special characters: Problems and how to overcome them, <https://www.lexjansen.com/nesug/nesug10/ff/ff04.pdf> (accessed Jan. 22, 2023).
- [42] C. K. Kenyon, Show/hide non-printing formatting characters, <https://www.addbalance.com/word/nonprinting.htm> (accessed Jan. 21, 2023).
- [43] S. Barnhill, Word’s nonprinting formatting marks, Nonprinting Formatting Marks, <http://wordfaqs.ssarnhill.com/NonprintChars.htm> (accessed Jan. 24, 2023).
- [44] E. Curts, How to show non-printing characters in google docs, LaptrinhX, <https://laptrinhx.com/how-to-show-non-printing-characters-in-google-docs-989631243>



Registry number: DEENK/74/2024.PL
Subject: PhD Publication List

Candidate: Tímea Horváthné Nagy
Doctoral School: Doctoral School of Informatics
MTMT ID: 10066965

List of publications related to the dissertation

Hungarian book chapters (1)

1. **Nagy, T. K.:** Az informatika kerettanterv elemzése.
In: A világ interdiszciplináris megközelítésben 3. Szerk.: Mező Ferenc, Mező Katalin, Mándy Zsuzsanna, Mester Dolli, Debreceni Egyetem, Debrecen, 25-40, 2018. ISBN: 9789634900573

Foreign language scientific articles in Hungarian journals (1)

2. **Nagy, T. K.,** Csernoch, M., Máth, J.: Cross-Curricular Connections and Knowledge-Transfer Elements in Data Management.
Acta Polytech. Hung. 19 (1), 133-149, 2022. ISSN: 1785-8860.
DOI: <http://dx.doi.org/10.12700/APH.19.1.2022.19.9>
IF: 1.7

Foreign language scientific articles in international journals (4)

3. Csernoch, M., **Nagy, T. K.,** Nagy, K., Csernoch, J., Hannusch, C.: Human-centered digital sustainability: handling enumerated lists in digital texts.
IEEE Access. 12, 30544-30561, 2024. ISSN: 2169-3536.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3369587>
IF: 3.9 (2022)
4. Csernoch, M., Nagy, K., **Nagy, T. K.:** The Entropy of Digital Texts - The Mathematical Background of Correctness.
Entropy. 25 (2), 1-34, 2023. EISSN: 1099-4300.
DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/e25020302>
IF: 2.7 (2022)
5. Csernoch, M., Máth, J., **Nagy, T. K.:** The Interpretation of Graphical Information in Word Processing.
Entropy. 24 (10), 1-16, 2022. EISSN: 1099-4300.
DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/e24101492>
IF: 2.7





6. **Nagy, T. K.**, Csernoch, M., Biró, P.: The Comparison of Students' Self-Assessment, Gender, and Programming-Oriented Spreadsheet Skills.
Education Sciences. 11 (10), 1-29, 2021. EISSN: 2227-7102.
DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/educsci11100590>

Hungarian conference proceedings (1)

7. **Nagy, T. K.**, Csernoch, M.: Számítógépes problémamegoldás mérése az informatikaórárn.
In: INFODIDACT'2018 11. Informatika Szakmódszertani Konferencia / Szlávi Péter, Zsakó László, Webdidaktika Alapítvány, Budapest, 133-154, 2019. ISBN: 9786158060820

Foreign language conference proceedings (1)

8. **Nagy, T. K.**, Csernoch, M.: The Paradox of the Hungarian Frame Curricula in Informatics.
Turk. Online J. Educ. Technol. 2, 783-795, 2018. ISSN: 2146-7242.

List of other publications

Hungarian scientific articles in Hungarian journals (1)

9. Sebestyén, K., **Nagy, T. K.**, Csernoch, M.: Tanulók szövegkezelés-ismereteinek és önértékelésének kapcsolata.
Inform. társad. 23 (1), 117-138, 2023. ISSN: 1587-8694.
DOI: <http://dx.doi.org/10.22503/infars.XXIII.2023.1.7>
IF: 0.3 (2022)

Hungarian abstracts (1)

10. **Nagy, T. K.**, Csernoch, M.: 7-10. évfolyamos tanulók tudástranszfer alapú számítógépes gondolkodásának elemzése.
In: ADA 2019 : Rövid absztraktok, Debreceni Egyetemi Kiadó, Debrecen, 12, 2019.

Total IF of journals (all publications): 11,3

Total IF of journals (publications related to the dissertation): 11

The Candidate's publication data submitted to the iDEa Tudóstér have been validated by DEENK on the basis of the Journal Citation Report (Impact Factor) database.



05 March, 2024