



Emberközpontú algoritmusvizualizáció: élmény- és drámapedagógiai elemek hatása a számítógépes gondolkodás fejlesztésére

Egyetemi doktori (PhD) értekezés

Osztían Pálma Rozália
Dr. Csernoch Mária

Debreceni Egyetem
Természettudományi és Informatikai Doktori Tanács
Informatikai Tudományok Doktori Iskola
Debrecen, 2024

Ezen értekezést a Debreceni Egyetem Természettudományi és Informatikai Doktori Tanács Informatikai Tudományok Doktori Iskola Elméleti számítástudomány, adatvédelem és kriptográfia programja keretében készítettem a Debreceni Egyetem műszaki doktori (PhD) fokozatának elnyerése céljából. Nyilatkozom arról, hogy a tézisekben leírt eredmények nem képezik más PhD disszertáció részét.

Debrecen, 2024.09.02.

Osztian Palma Rozalia
.....

a jelölt aláírása

Tanúsítom, hogy Osztian Palma Rozalia doktorjelölt 2021. – 2024. között a fent megnevezett Doktori Iskola Alkalmazott információ technológia és elméleti háttér programjának keretében irányításommal végezte munkáját. Az értekezésben foglalt eredményekhez a jelölt önálló alkotó tevékenységével meghatározóan hozzájárult. Nyilatkozom továbbá arról, hogy a tézisekben leírt eredmények nem képezik más PhD disszertáció részét.

Az értekezés elfogadását javasolom.

Debrecen, 2024. szeptember 4.

Geza Palocz
.....

a témavezető aláírása

Emberközpontú algoritmusvizualizáció: élmény- és drámape-dagógiai elemek hatása a számítógépes gondolkodás fejlesztésére

Értekezés a doktori (Ph.D.) fokozat megszerzése érdekében
az informatika tudományágban

Írta: Osztián Pálma Rozália okleveles szoftverfejlesztő informatikus

Készült a Debreceni Egyetem Informatikai Tudományok doktori iskolája
Elméleti számítástudomány, adatvédelem és kriptográfia programja) keretében

Témavezető: Dr. Csernoch Mária

Az értekezés bírálói:

Dr.	
Dr.	
Dr.	

A bírálóbizottság:

elnök:	Dr.	
tagok:	Dr.	
	Dr.	
	Dr.	
	Dr.	

Az értekezés védésének időpontja: 200...

Tartalomjegyzék

1 Bevezető.....	6
1.1 Vizualizációk.....	9
1.2 Drámapedagógiai elemek.....	11
1.3 Élménypedagógia.....	12
2 Szakirodalmi áttekintő	14
2.1 Vizualizációk az oktatásban	14
2.1.1 A CT, DR és a STEM kapcsolata	14
2.1.2 A romániai STEM tantárgyak DR és CT képességekre való hatása.....	16
2.2 Drámapedagógiai elemek hatása a CT fejlesztésére	18
2.2.1 Emberi mozgás által szemléltetett algoritmusvizualizációk	19
2.2.2 Drámapedagógiai elemek és filmszerű ábrázolások	20
2.3 Élménypedagógiai elemek hatása a CT fejlesztésére.....	22
3 Tézisek	26
4 Innovatív pedagógiai megközelítések a CT fejlesztésében: dráma- és élményalapú kutatások	27
4.1 A DR és CT kapcsolata	27
4.1.1 Kutatási kérdések	27
4.1.2 Módszertan.....	28
4.1.3 Eredmények	38
4.1.4 Következtetések	47
4.2 Drámapedagógiai elemek az oktatásban	48
4.2.1 Az AlgoRhythmics tánckoreográfia videók sikerességének vizsgálata.....	49
4.2.2 Áttérés a táncparkettről a színpadra	57
4.2.3 Színészi játékkal szemléltetett algoritmusvizualizációk	58
4.2.4 Kutatási kérdések	60
4.2.5 Módszertan.....	61
4.2.6 Eredmények	68
4.2.7 Következtetések	76
4.3 Élménypedagógiai elemek az oktatásban	78
4.3.1 Piramis-játék: algoritmikus szabaduló szoba vizualizáció.....	78

4.3.2 Módszertan.....	85
4.3.3 Kutatási kérdések	88
4.3.4 Eredmények	88
4.3.5 Következtetések	98
5 Összegzés	101
6 Köszönetnyilvánítás	104
7 Szakirodalom	105
8 Mellékletek	118
8.1 Számítógépes gondolkodás teszt.....	118
8.2 Eredeti feladatok az e-hód online felületről:	122
8.3 Beszúró- és shell rendezéshez tartozó kérdéssor	125
8.4 Algorithmic Escape Room Movie FeedbackVisual Media Feedback.....	128
8.4.1 Extrapolation of the learning experience	129
8.4.2 AlgoRythmics dance coreography illustrations.....	130
8.4.3 Recalling the movie content.....	130
9 Ábrák jegyzéke	131
10 Táblázatok jegyzéke.....	133
11 Képletek jegyzéke	134

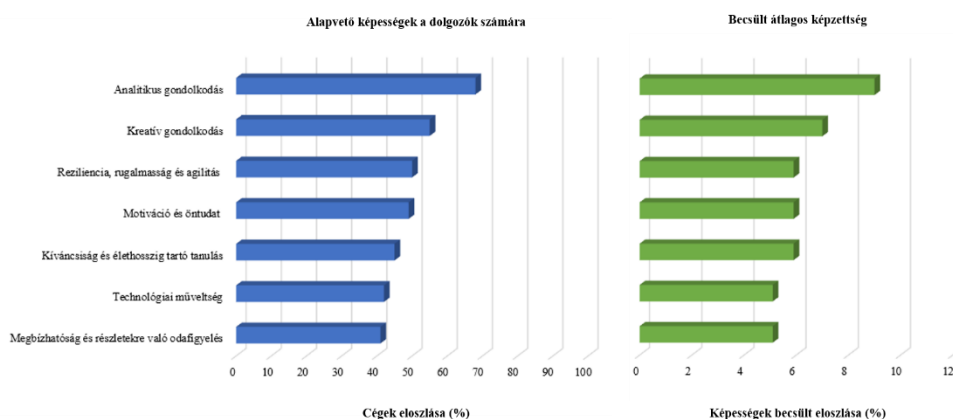
1 Bevezető

„Az igazi oktatás nem csupán az információk átadásáról szól, hanem két különböző világ találkozásáról és összefonódásáról, amelyek együttesen formálják a tanulók gondolkodását és szemléletét.” fogalmazta meg John Dewey pedagógus és filozófus [1]. Dewey szerint ezek közül az egyik világ az a valóság, amelyben nap mint nap élünk és tapasztalatokat, élményeket szerzünk a körülöttünk levő fizikai és társadalmi környezettel való találkozás által. Ezzel szemben, a másik világ az absztrakt, elméleti tudást magába foglaló hely, amely az intézményes oktatás egyik alapvető eleme. Ez az a hely, amely tudást, és fejlődést kínál a tanulóknak és segítséget nyújt a világ és a körülöttük történő események megértésében. Egyre inkább azt tapasztalhatjuk azonban, hogy az intézmények gyökeres változásokon kell keresztül menjenek, annak érdekében, hogy megfelelő tudást biztosítsanak a jövő emberének és felruházzák őket a szükséges képességekkel és készségekkel [2,3]. Ennek következtében beláthatjuk, hogy az iskola, vagyis az absztrakt világ szerepe folyamatos változásokon megy keresztül, és egyre jobban közelednie kell a valóság világhoz. Mindez, a kezdő idézetben is érzékelhető, mely szerint ez a látszólag két különböző világ együttesen kell elvezesse a tanulókat egy olyan szemlélet felé, amely szilárd tudáson alapszik, és a mindennapi életből szerzett tapasztalatok segítségével nyer valódi értelmet.

Jelen disszertáció az informatikaoktatás egy olyan módszerét mutatja be, amely egyedi módon, két látszólag különböző világ ötvözésével segíti a diákok számítógépes gondolkodásának fejlesztését úgy, hogy közben a tanulás és tanítás is egy élmény legyen.

Sir Ken Robinson híres Ted előadásában (Do Schools Kill Creativity? [4]) kihangsúlyozza azt a súlyos problémát, hogy az iskolák, a tanítási folyamat és a tantervek jelenlegi felépítése megöli a diákok kreativitását. Véleménye szerint minden gyermekben ott rejlik születésétől fogva egy kreatív én, de ennek kibontakozását megakadályozza az az iskolai rendszer, amelyben a tudás közvetítése száraz és a tantárgyak felépítése sem segíti elő a divergens gondolkodást. A kreativitás fontosságát egy 2023-as kimutatás is megerősíti [3], ahol bár második helyen szerepel, mint egyik

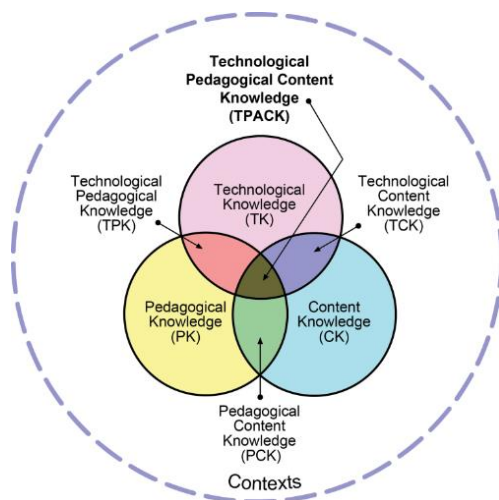
legfontosabb képesség belátható, hogy ez az igény fejlődik a leggyorsabban (1. ábra). Sir Ken Robinson előadásában továbbá, kiemelt szerepet kap a változatosság fontossága is, vagyis az, hogy az oktatásban nem egyhangúan csak a tudomány, hanem a művészet átadása is rendkívül fontos. Egy olyan rendszerben, ahol ez a két szakterület egyensúlyban van, a diákok motivációja és odaadása is könnyebben fenntartható [3].



1. ábra: Legfontosabb képességek - 2023

Ezek a gondolatok erősítettek meg abban, hogy az elmúlt évek során egy olyan módszer továbbfejlesztésén dolgozzak, amely különleges módon segíti a diákok számítógépes gondolkodásának fejlesztését úgy, hogy közben ötvözi a két világot. Deweyhoz hasonlóan úgy gondolom, hogy akkor beszélhetünk igazi és valódi oktatásról, ha a két világot ötvözzük. Más szavakkal élve, az az igazi művészet, ha egyesítjük ezt a két különböző világot, létrehozunk valami újat, amely mindkettőből merít erőt.

A különböző szempontok ötvözésével más kutatók is foglalkoztak, akik szerint az igazi potenciál abban rejlik, ha a tartalom, pedagógia és technológia metszetét célozzuk meg (2. ábra: TPACK), ezáltal új szintre emelve a tudást [5]. A TPACK (Technological Pedagogical Content Knowledge) elv rávilágít a jó tanár lényegesen fontos képességeire mint például a pedagógiai tartalom technikai környezetbe való áthelyezésére [6]. Napjainkban, a digitális technológia rohamos fejlődése következtében elengedhetetlen ennek a három típusú tudásnak az együttes fejlesztése.



2. ábra: TPACK keretrendszer

Az általunk kidolgozott megközelítés a tudomány és művészet módszerének világát ötvözi, amely megfelelően illeszkedik Sir Ken Robinson gondolataihoz is. A módszer különféle változatai mögött egy teljes kutatócsoport munkája mutatkozik meg, mely több, mint 10 éves régiségre tekint vissza [7,8]. A kutatócsoport és egyben a projekt az AlgoRhythmics nevet viseli [9,10,11,12], mely az algoritmus (informatikai fogalom, amely a tudomány világát jelképezi) és a ritmus (tánc, amely a művészet világát jelképezi) szókapcsolatok révén jött létre. Az AlgoRhythmics projekt célja az informatikaoktatás színesebb és élvezetesebb szemléltetése, amely által különféle informatikai rendező és kereső algoritmusok tánc segítségével kerülnek bemutatásra. Jelenleg 10 tánccal szemléltetett rendező és kereső stratégia tekinthető meg a nyilvánosan elérhető YouTube-csatorna oldalán [13].

A kutatócsoport munkájához 2017-ben volt lehetőségem csatlakozni másodéves informatika szakos hallgatóként. A téma mögött rejlő kettősség kiváltképp vonzónak tűnt, hiszen úgy az informatika mint a tánc világa közel állt hozzám. Éppen ezért első feladatom egy újabb rendező algoritmus, a kupacrendezés kidolgozása volt, amelynek informatikai és művészi oldalát is egyaránt képviseltem [14]. Érdekes volt mindazt megtapasztalni, hogy hogyan ötvözzük ezt a két látszólag különböző világot, hogy se az informatikai tartalom ne szoruljon háttérbe, de a bemutatás is maradjon művészi. Az algoritmust a Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetemen működő diákok

által alkotott néptáncsoport táncolta el. Ezt követően az algoritmusok egy úgynevezett gyűjtő platformjának elkészítésével foglalkoztam, az AlgoRhythmics online oktatási környezetnek az elkészítésével [15], amely megalkotása során az interaktivitás fontosságát tartottam szem előtt [16]. Mivel a projekt mottója a „Táncból a kódig” megfogalmazás volt, arra törekedtünk, hogy az online környezet megalkotásakor különféle tanulási lépések által ismerje meg a felhasználó az algoritmusokat, a stratégia bemutatásától kezdve a megértésig és gyakorlásig. A doktori tanulmányok megkezdésével szerettem volna továbbra is az AlgoRhythmics vizualizációk témakörben kutatni, melyek kapcsán az elmúlt évek során több új szemlélet látott napvilágot.

Jelen dolgozatban a doktori képzés során elért eredményeket és a kidolgozott módszereket szeretném bemutatni, melyek három fő témakörben lesznek részletezve: vizualizációk, dráma- és élménypedagógiai elemek.

1.1 Vizualizációk

A kettős világ – tudomány és művészet – ötvözésének és ezáltal az AlgoRhythmics projektnek is központi elemei közé tartoznak a vizualizációk. Mindig nehéz kérdés azonban, hogy hogyan és milyen formában használjuk ezeket a szemléltetéseket a jelenlegi oktatásban. Ahhoz, hogy a lehető legmegfelelőbb módszert válasszuk elengedhetetlen a jelenleg működő oktatási formák ismerete.

Az 1990-es évek elején kirobbanó STEM mozgalom [17] jelentősen átalakította úgy az általános- és középiskolai [18] mint a felsőoktatás [19] működését. Azóta egyre inkább érzékelhető, hogy kiemelt hangsúly kerül a STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics – Tudomány, Technológia, Mérnöki, Matematika) és STEAM (+Művészet) megközelítésekre. Míg a STEM négy tudományágra fókuszál, ahol elsődleges cél a diákok kritikus gondolkodásának, problémamegoldó és innovációs képességének a fejlesztése, a STEAM beépíti a művészi elemeket is az oktatásba annak érdekében, hogy bővüljön a diákok kreatív gondolkodása és képzelőereje. Az informatikaoktatás kapcsán rendszerint a STEM tűnik ki, hiszen ez az a megközelítés,

amely leginkább jellemző a mérnöki (Engineering Education, EE) és számítástechnika (Computer Science Education, CSE) oktatási területekre. Ennek ellenére szem előtt kell tartani, hogy ez a két fogalom szorosan összefügg egymással.

Az oktatásban, beleértve mind a K-12, mind a felsőoktatást, a STEM-mel való kapcsolat mélyebb megértéséhez lényeges a kulcsfontosságú kompetenciákra összpontosítani. Ilyen kulcsfontosságú kompetenciának számít a számítógépes (Computational thinking – CT [20,21]) és a diagrammatikus gondolkodás (Diagrammatic reasoning – DR [22]). A számítógépes gondolkodás egy alapvető képesség minden XXI. századi ember számára [20], amely segíti a problémamegoldást és logikus gondolkodást. Továbbá, a diagrammatikus gondolkodás az a képesség, amely vizuális eszközökkel, például ábrákkal, diagramokkal szemléltetve segít egy-egy komplexebb probléma megoldásában ezáltal fejlesztve a logikus gondolkodást.

A CT és DR kapcsán fontos megemlíteni továbbá, hogy akkor is fejlődnek, ha nem explicit módon fókuszálunk rá. A diákok látens módon fejleszthetik ezeket a képességeket, ahogy haladnak az aktuális tantervvvel. Mivel a diákok különböző tantervek szerint tanulnak észrevehető, hogy a CT főként a STEM megközelítésben, míg a DR úgy a STEM mint a STEAM oktatási formákban is megjelenik. Feltevődhet akkor a kérdés, hogy a számítógépes gondolkodás fejlesztését hogyan lehetne elősegíteni, amennyiben az oktatási forma nem járul hozzá ehhez implicit módon.

A doktori képzés során elsősorban az volt a célom, hogy olyan vizualizációkat dolgozzunk ki, amelyek mindenki számára elérhetők lehetnek, szakterülettől, kortól és nemtől függetlenül és elősegítik a számítógépes gondolkodás fejlesztését. A DR egy lehetséges vizualizáció típusnak tekinthető, hiszen diagramok vagy ábrák segítségével képes szemléltetni egy-egy komplexebb problémát. Továbbá, ez a szemléltetési forma már régóta jelen van az oktatásban, úgy a STEM mint a STEAM megközelítésben is. Ennek értelmében azt mondhatjuk, hogy az oktatásban való előrehaladás során a DR bárki esetén fejlődik, míg a CT jellemzően olyan egyének esetén, akik STEM megközelítésben tanulnak.

Kutatásaink során a DR és CT közötti összefüggést szeretnénk vizsgálni. Érdeklődésünk elsősorban arra irányult, hogy milyen mértékben fejlődik a diákok számítógépes gondolkodása a diagrammatikus gondolkodás fejlődésének köszönhetően.

1.2 Drámapedagógiai elemek

A második fázisban az első részben említett vizualizáció, vagyis a DR erősítését tűztük ki célul. Bár a DR mindenki számára elérhető és fejleszthető, már általános- és középiskolai tanulmányok során, szeretnénk volna, hogy a CT is mindenkié legyen, szakterülettől függetlenül. Ehhez olyan módszerre van szükség, amely mindenki számára emészthető.

Az AlgoRythmics kutatócsoport eddigi munkássága rávilágított arra a tényre, hogy az absztrakt animációk kiválóan szemléltetik egy-egy algoritmus lépéseinek stratégiáját [12]. Ennek ellenére az is bebizonyosodott, hogy ezek az animációk sokszor „szögletesek” és bár a haladó informatikai ismeretekkel rendelkezők számára kedvez, kezdők esetén a motiváció felkeltése és fenntartása rendkívül nehéz [11].

Kutatócsoportunk ennek a problémának a feloldását elsősorban az emberi mozgás bevezetésében látta. Ennek köszönhetően tánckoreográfiák által kerültek bemutatásra a különféle rendező és kereső stratégiák, ahol az emberi mozgás jelentős szerepet kapott. Ezek a vizualizációk nagy népszerűségnek örvendtek, melyet a nyilvános YouTube csatornára beérkező hozzászólások is igazoltak (pl. “This is the greatest piece of art I have ever seen!”, “I think I just found a new continent”, “Beautiful piece of art to explain computer science, this is so EPIC!”, “Art + Science = Intelligent entertainment.”, “This is science that’s joy! I posed the exercise to my students to extract the partitioning algorithm out of the quicksort dance.”, “I wish my teacher explained sorting like this instead of being so boring”, “I have been using these videos with my high school CS classes for at least 5 years. It is one of my favorite series of lessons and the kids love them. Thank you for creating these amazing videos.”). Ahogy minden szemléltetésnek, úgy ennek is fény derült néhány nehézségére és esetleges negatív hatására [12,23]. Bár a művészi bemutatás jelentősen javította a felhasználói élményt és a szemléltetés izgalmas volt, az algoritmus bemutatásában rejlő dekoratív

elemek (tánc, különböző fordulatok, táncosok közötti interakciók) elvonták a figyelmet az algoritmus stratégiájáról, és így a tudományos tartalom nem tudott kellőképpen érvényesülni.

Második fázisként erre a problémára szerettünk volna megoldást találni. Azt már tudtuk, hogy az animáció sokszor túl száraznak bizonyul, és azt is megtapasztaltuk, hogy a tánc a művészi oldalnak kedvez. Ezek alapján úgy gondoltuk egy középutat kell találni. Az emberi mozgás által hozott potenciált semmiképp sem szeretttük volna elhagyni, hiszen már a táncokoreográfiával szemléltetett videók kapcsán is érzékelhető volt a néző és táncos közötti szimpátia (az úgynevezett social belonging effect miatt, [24]). Ennek következtében tudtuk, hogy a társadalmi hovatartozás (a szemlélő és az aktív szereplő is ember) mögött rejlő gondolat az új vizualizációkból sem hiányozhat.

A dekoratív elemek kiküszöbölésére kezdetét vette az AlgoRhythmics a színpadon kezdeményezés, amely továbbra is művészi elemekkel társítva szemléltette az algoritmust, de a táncosok helyét színészek vették át, akik a színpadon egy-egy leegyszerűsített, de mégis művészi emberi mozgás által „játszották” el az adott stratégiát. Ennek célja az volt, hogy a táncban rejlő dekoratív elemeket kiküszöböljük és az algoritmus lépéseinek biztosítsunk egy sokkal világosabb és egyszerűbb nyomon követést [12].

Az új vizualizáció, új együttműködési kapcsolatokat is vont maga után. A színészi játékkal szemléltetett vizualizációkat a Marosvásárhelyi Művészeti Egyetem diákjaival és oktatójukkal közösen dolgoztuk ki. Az együttműködés kezdete óta két rendezési stratégia (2-2 típusú bemutatását) és egy algoritmikus szabadulószober kis filmjét sikerült elkészíteni. Ez a vizualizáció magával vonta a különféle drámapedagógiai elemek használatát mint például: szerepjáték, mimika, színpadi előadás, improvizáció, melyek jelentősen hozzájárultak az izgalmasabb tanulási élmény kialakításához.

1.3 Élménypedagógia

A disszertáció harmadik fő elemét az élménypedagógiai elemek alkotják. A doktori képzés során végzett kutatások rávilágítottak arra, hogy milyen mértékben járul hozzá a DR a CT fejlesztéséhez, és a különféle drámapedagógiai elemeknek köszönhetően

megszülettek az egyszerűsített emberi mozgást tartalmazó vizualizációk is. William Butler Yeats a következőt fogalmazta meg [25]: „Education is not the filling of a pail, but the lighting of a fire.”, mely gondolat összefüggésbe hozható és rávilágít arra, hogy ezek a vizualizációk nem csupán azért jöttek létre, hogy egy informatikai stratégiát és leckét közvetítsenek, hanem azért, hogy „lángra gyújtsák” a néző tudásszomját és élménydús tanulási folyamatot biztosítsanak.

A vizualizáció és dráma adott, éppen ezért ebben a fázisban arra voltunk kíváncsiak, hogy a hallgatóság hogyan viszonyul ezekhez a szemléltetési eszközökhöz. Itt első-sorban az élmény kapott központi szerepet, amely kapcsán azt vizsgáltuk, hogy milyen mértékben fontos a nézők (a mi esetünkben a hallgatók) számára az, hogy a bemutatás drámai legyen, tartalmazzon filmbeli elemeket, legyen egy érdeklődést felkeltő története, tetőpontja és megoldása a vizualizációnak, valamint a filmezési technika és tervezés professzionális legyen.

2 Szakirodalmi áttekintő

Az előzetes szakirodalmi kutatások jelentősen segítették a témában való elmélyülést és a módszerek kidolgozását. A fent említett három fő témakörben (vizualizáció, dráma- és élménypedagógia) kerestünk hasonló kutatásokat, amelyek ötvöztetésével sikerült megalapozni kutatásainkat.

2.1 Vizualizációk az oktatásban

Ahogy azt már a bevezető részben is említettük, a STEM oktatásnak rendkívül meghatározó szerepe van a mai modern társadalomban. Ennek oka a nevében megjelenő négy terület egyedi jellege és ezek közötti kapcsolat lehet [26]. Bár köztudott, hogy a STEM a tudomány, technológia, mérnöki tudományok és matematika területeinek úgynevezett gyűjteménye, néhány kutató arról is beszámol, hogy nincs teljes egyetértés ennek a halmaznak a pontos meghatározásában [27]. Ennek értelmében a STEM nem csupán a hozzá tartozó tantárgyak ismeretéről szól, hanem azon túlmenően megközelíthetjük az általa érintett képességek szempontjából is. Kutatásink célkitűzéseit figyelembe véve, két kulcsfontosságú képesség lehet ebben az értelemben a CT [28] és a DR [29].

2.1.1 A CT, DR és a STEM kapcsolata

A számítógépes gondolkodás fogalma már 1980-ban ismeretes volt, mely kifejezést Papert vezette be [30]. Napjainkban leginkább a Wing [20] nevéhez fűződő „számítógépes gondolkodás mindenkinek” mozgalom terjedt el, ahol a kutató úgy határozza meg ezt mint egy univerzális képesség, amellyel nem csak a tudósoknak, hanem minden XXI. századi embernek rendelkeznie kell. Lodi és Martini is kihangsúlyozzák a CT-ben rejlő potenciált [31], miszerint azok a kompetenciák, amelyek a számítógépes gondolkodáshoz kapcsolódnak könnyedén bevezethetők más tudományterületekbe is [5,6]. Ezt a jelenséget a CT modern meghatározásai is megerősítik. Aho és kutatótársai [32] például úgy jellemezték a CT-t mint az a problémamegoldáshoz szükséges gondolkodás, amelyekhez a megoldási folyamatot jól meghatározható számítási lépések vagy algoritmusok formájában lehet reprezentálni. Egy másik megközelítés

Shute és kutatótársai nevéhez fűződik [33]. Szerintük ez a fogalom szorosan összefügg a hatékony és eredményes problémamegoldással, amelynek kivitelezése újra felhasználható akár különböző kontextusokban is. Ezek kapcsán Csizmadia és kutatótársai [34] öt kulcsfontosságú CT-vel kapcsolatos képességet határoztak meg: absztrakció, dekompozíció, algoritmikus gondolkodás, értékelés és általánosítás. Azt tapasztalhatjuk, hogy ezek a képességek már általános iskolai oktatás során, akár közvetlen vagy közvetett módon, szinte minden tudományterületen teret kapnak, de főként STEM oktatás esetén, hiszen a problémamegoldó képesség már egészen kiskortól fejleszthető. Éppen ezért azt mondhatjuk, hogy ezek a képességek implicit módon fejlődnek még akkor is, ha a résztvevők nem fókuszálnak rá aktívan. Ennek értelmében, feltehetően a CT is fejlődik már az általános iskolai tanterven való előrehaladás során, hiszen egy olyan összetett képesség, amely magába foglalja a fent említett összetevőket [35].

A DR kapcsán már sikerült bizonyítani, hogy még elterjedtebb a használata a különféle tudományterületeken, mint a CT-nek [22,36,37]. Míg a CT leginkább a STEM oktatásban tud érvényesülni, az ábrák és grafikus képek használata minden tudományterületen fellelhető. Ennek a gondolkodásnak a fogalma egészen a Venn diagramokig húzódik vissza, ahol úgy jellemezték mint egy „grafikus alternatíva az algebrai vagy mondatszerű szerkezetekben található logikai kapcsolatok vizualizálására” [36]. Sőt, néhány kutató azt is megfogalmazta, hogy ez a fogalom akár Eukleidész munkásságáig tekint vissza, aki már az ókorban használt diagramokat különféle matematikai problémák szemléltetésére. Az Eukleidész által használt diagramok, a Peirce által javasolt gráf logika és a Polya által megalkotott heurisztika kombinációja összefoglalja a DR mögött rejlő potenciált [39,40,41]. Érdekes módon, fellelhető a DR-ben egy dualitás [40], amely értelmezhető úgy, mint egy eszköz, amely segít a tudás megszerzésben (a tudás „generálásának” eszköze), de a „logikai problémák megoldásának” is tekinthető. Hoffman azt is kihangsúlyozza mint potenciál, hogy ez a gondolkodás segít az emberi kreativitás fejlesztésében és a tanulásban való előrehaladásban [38]. Ahogy azt már korábban is említettük a diagramok és ábrák minden tudományterületen megjelennek. Ehhez kapcsolódik számos kutatás [37,42,43,44],

amelyben úgy értelmezik a DR-t, mint „egy heurisztika vagy algoritmus alkalmazása specifikus területekre vonatkozó diagramokra, amelyek lehetővé teszik a diákok számára a bonyolult térbeli átalakítások levezetését”. Ennek alapján abszolút nem meglepő, hogy a STEM oktatás magával vonja a DR jelenlétét is, hiszen ebben az oktatási formában az oktatók rendszeresen előidéznek ennek használatát, például vázlatok készítésekor, amelyek egy adott jelenség vagy tanulmány lényegét modellezik [45].

2.1.2 A romániai STEM tantárgyak DR és CT képességekre való hatása

Mivel kutatásaink során főként a romániai oktatás működését és fejlődését szerettük volna felmérni, elsősorban az ehhez kapcsolódó szakirodalmi kutatásokra összpontosítottunk. Baran és munkatársai szerint a STEM-oktatás egy interdiszciplináris tanulási stratégia, amely magába foglalja a következőket: tudomány, technológia, mérnöki tudományok, matematika és más ismeretek, készségek és meggyőződések, amelyek főként ezekre a tudományterületekre jellemzőek [46]. Ennek megfelelően, az európai stílus és az ezzel járó útmutatások alapján a román K-12 tanterv kiemeli a matematikai, digitális, tudományos és technológiai képességek fejlesztésének fontosságát. Fontos megemlíteni továbbá, hogy Romániában a tanterv [47] tartalmazza az alapvető STEM tantárgyakat, amelyek különböző életkorokban kerülnek bevezetésre. Ehhez tartozik például a matematika (1. osztály), információs és kommunikációs technológia (5. osztály), bevezetés a számítógépes algoritmusokba (5. osztály), természettudomány (kémia és fizika 6. osztály), technológia (hogyan a speciális osztályokból érkező diákokat előkészítse a mérnöki oktatásra; 9. osztály), valamint informatika (kifejezetten számítógépes programozás; 9. osztály).

A szakirodalmi kutatások egyértelműen összekapcsolják a CT-t és a DR-t ezekkel a tantárgyakkal. Például a Next Generation Science Standards [48] a számítógépes gondolkodást egy alapvető tudományos gyakorlatként írja le. Wing [49], a fent említett CT-t definiáló cikk megjelenése után tíz évvel később kihangsúlyozza, hogy a számítógépes gondolkodás a modern tudomány és mérnöki tudományok harmadik pillérének tekinthető. Weintrop és munkatársai [50] javasoltak egy taxonómia-alapú meg-

határozást a CT-re, különösen a matematika és a természettudományok témakörre vonatkozóan. Ennek kapcsán négy fő területet érintettek: adatkezelés, modellezés, szimulációs, számítógépes problémamegoldó és rendszer szintű gyakorlatok. Ezeknek a tendenciáknak köszönhetően egyre több olyan kezdeményezés született, amely a számítógépes gondolkodást megpróbálja integrálni a STEM tantárgyakba (például matematika [51]; fizika [52]; kémia [53]).

A CT még közvetlenebbül kapcsolódhat a számítástechnikai oktatáshoz. Az utóbbi évtizedekben több szerző is beszámolt olyan módszerekről, amelyek a számítógépes gondolkodás tanítását és fejlesztését segítik ebben a kontextusban [54]. A programozás tanítása továbbra is egy egyértelmű módszer és járható út marad ebben az értelemben [55], tekintettel arra, hogy az egyik legalapvetőbb megközelítés. Persze, a programozás témakör alatt nem csupán a kódolást értjük. Megfelelően kiválasztott programozási gyakorlatokkal lehetővé tudjuk tenni a diákok számára a CT három fő dimenziójának, vagyis a számítógépes fogalmak, gyakorlatok és perspektívák megismerését. Lye és Koh 27 ehhez kapcsolódó tanulmány vizsgálatát követően arra a következtetésre jutott, hogy a programozásban ott rejlik az a potenciál, hogy elősegítse a számítógépes gondolkodás fejlődését [56]. Továbbá, Tikva és Tambouris [57] is megfogalmazták, hogy a CT programozás által való oktatása ideális közeg a XXI. századi készségek, képességek fejlesztésére.

A fent említett kutatások rávilágítottak arra, hogy a DR szorosan összefonódik a STEM tantárgyak oktatásával, sőt már a CT előtt jelen volt. Ennek egyik bizonyítéka a diagramok használata, amelyeket a matematikai fogalmak ábrázolásának egyik legelterjedtebb formájaként tartanak számon, és melyek alkalmazása régóta ismeretes az oktatásban. Bár az idők során számos kritika érte a DR-t, miszerint legfeljebb másodlagos eszközként használható a matematikaoktatásban, az utóbbi években egyre nagyobb népszerűsége tett szert ez a vizualizáció [58]. Ez a fellángolás minden bizonnyal annak is tulajdonítható, hogy napjainkban egyre inkább kezd visszatérni a rövid, tömör és mégis látványos vizuális elemek használata egy-egy komplex probléma ismertetésére, melyet a diákok sokkal inkább előnyben részesítenek például egy hosszú leírással szemben. Továbbá, Novak [59] már több mint 50 éve kifejlesztett egy DR-

re összpontosító rendszert (ISAAC) a fizika tudományához kapcsolódó problémák megoldására. Ennek a módszernek egyik legmeghatározóbb jellegzetessége az volt, hogy a diagramokra úgy tekintettek mint az értelmezés és a problémák megoldásának egy integrált részére. A fizika mellett a kémiaoktatás tekintetében is érdekes felhasználási példák mutatkoztak meg. Kiernan és munkatársai [44] például egy olyan kutatásról számoltak be, amely a diákok térbeli-vizuális (visuospatial) gondolkodását vizsgálta a molekuláris geometria témakör kapcsán, ahol a résztvevőknek képalkotó, analitikus és diagrammatikus gondolkodását kellett kamatoztatniuk.

Ezek az eredmények arra mutattak rá, hogy a DR segítségével lehetőség van a komplexebb fizikai és kémiai problémák egyszerűsített ábrázolására úgy, hogy egy analitikus utat biztosítunk a megoldások levezetésére, mely a diákoknak sokszor egy egyszerűbb és járhatóbb utat nyújt. A fizika és kémia mellett természetesen bármilyen más tudományterület esetén alkalmazható ez a technika. A programozás oktatás kapcsán például az egyik legelterjedtebb felhasználási köre a diagrammatikus gondolkodásnak a program folyamatábrája, az algoritmus lépéseinek logikus nyomon követése lehet. Mindez megerősített minket abban, hogy az ilyen és ehhez hasonló reprezentációk létrehozása és elemzése a programozásoktatás szerves részét képezi és egyértelműen feltételezi a DR ismeretét. Kutatásaink során elsőként a CT, DR és a jelenlegi oktatási rendszer ezen képességekre gyakorolt hatását vizsgáltuk. Ehhez a témakörhöz kapcsolódó eredményeinket az 4.1 fejezetben fogjuk részletezni.

2.2 Drámapedagógiai elemek hatása a CT fejlesztésére

Turing szerint ahhoz, hogy valaki megértse egy algoritmus működését, szükséges egy világos mentális modell kialakítása a gép állapotáról minden számítási lépésnél [60]. Ezt különféle módszerek által lehet elősegíteni, mely egyénenként eltérő lehet. A vizuális segédeszközök, mint például az alap vizualizációként szolgáló DR, képesek elősegíteni ennek a mentális modellnek a kialakítását. Ahogy azt az előző részek is összefoglalják, a DR egy lehetséges vizualizációs eszköz a komplexebb problémák szemléltetésére, tudományterülettől függetlenül. Mivel egyik legfontosabb célunk az

volt, hogy a CT-t mindenki számára elérhetővé tegyük, elengedhetlenné vált ezeknek a vizualizációknak a kiterjesztése. A DR témakör kapcsán belátható, hogy egy statikus vizualizációs technikáról beszélhetünk, amely egy átfogó képet nyújt, ábrák és képek által egy adott problémáról vagy megoldásmenetről [61]. Statikus jellege miatt azonban nehéz ennek segítségével egy algoritmus stratégiájának lépésről-lépésre való nyomon követése. Egy lehetséges továbbfejlesztési lehetősége ezeknek a statikus vizualizációknak a dinamikus reprezentáció lehet [62].

Ezeknek egyik legelterjedtebb változatát az animációk képezik. Az absztrakt animációk által lehetőség adódik egy algoritmus lépésenként való ábrázolására, mely a tanulók motivációját is jelentősen növelheti, hiszen fellelhető benne a változatosság [63]. Annak ellenére, hogy jellegüknél fogva igen motiváló reprezentációt képviselnek ezek az animációk, amikor a dinamikus fogalmak megértésére kerül sor, az eddigi tapasztalatok alapján az eredmények nem következetesek [64]. Ennek egyik oka az animáció tranziens jellege lehet [63,65]. Animáció megtekintésekor a nézőnek egyidejűleg kell kiválasztania és megértenie az aktuális információt, mindezt úgy, hogy közben fel kell elevenítse az előzetesen feldolgozott információkat. Érzékelhető, hogy ilyen értelemben az animációknak rendkívül magas szintű a munkamemóriára gyakorolt kognitív igénye.

2.2.1 Emberi mozgás által szemléltetett algoritmusvizualizációk

A realisztikus vizualizációk kapcsán végzett kutatások rávilágítottak arra, hogy az animációkban fellelhető tranziens jelleg látszólag eltűnik, ha a vizualizáció emberi mozgás által van bemutatva [66]. Ez a kulcsgondolat ösztönözte az AlgoRythmics kutatócsoportot arra, hogy olyan vizualizációkat készítsen, amelyek emberi mozgás által szemléltetik a különféle rendező és kereső stratégiákat [67]. Ennél fogva a vizualizációk jellegzetessége abban rejlik, hogy tánc segítségével kerülnek bemutatásra az algoritmusok. Bár az emberi mozgással való oktatás hatékonyságát főként olyan szakterületeken vizsgálták, melyek implicit módon emberi mozgással kapcsolatos tudást közvetítenek [68,69], számos kutató vizsgálta ennek hatékonyságát olyan tartalmak közvetítésekor is, amelyek nem alapszanak közvetlenül az emberi mozgásra

[70]. Állításaik szerint minden tudományterülethez, de főként a matematika és az adattudomány témákhoz kapcsolódó fogalmak megértésében segít, ha a reprezentáció emberi mozgással van szemléltetve [71]. Ennek oka, az úgynevezett társadalmi hovatartozás lehet, mely azt foglalja magába, hogy az aktív résztvevő (szemléltető) is ember és a néző (szemlélő) is ember. Az emberekben tudat alatt ott rejtőzik ösztönösen ez a társadalmi norma, és nagy valószínűséggel jobban tudnak azonosulni az adott feladattal, hiszen sokkal könnyebben tudják magukat a cselekvő személyébe képzelni [24]. Egy ehhez kapcsolódó kutatásban például azt vizsgálták, hogy angol nyelv tanulásakor a diákok jelentősen jobban teljesítettek, amikor a tananyag saját 3D alakjuk (avatar) által volt szemléltetve és azt nézték mint ha ők végezték volna el a konkrét feladatot vagy épp semmit nem kellett csináljanak [72]. Hamar bebizonyosodott, hogy az algoritmusokat nagyon könnyen lehet emberi mozgással szemléltetni, hiszen minden stratégia esetén van egy jól meghatározott lépés szekvencia, előrehaladás és döntéshozatal, amely könnyedén társítható konkrét fizikai mozgásokkal.

2.2.2 Drámapedagógiai elemek és filmszerű ábrázolások

Annak ellenére, hogy a tánccal szemléltetett vizualizációk nagy népszerűségnek örvendtek, a tanulók teljesítménye sokszor alulmarad az animációval szemléltetett reprezentációval való tanuláshoz képest. Kutatásaink arra mutattak rá, hogy bár a tánc rendkívül élvezetes és motivációt felkeltő tud lenni, bizonyos esetekben elterelheti a hallgatók figyelmét és akadályozhatja a tanulási folyamatot [67]. A valósághű, dinamikus vizualizációkkal kapcsolatos tanulmányok is felhívják a figyelmet a vizualizációban fellelhető dekoratív elemek óvatos használatára, mivel ezek gyakran elterelhetik a tanuló figyelmét a kívánt tartalomról. Az AlgoRhythmics vizualizációk dekoratív elemei közé tartozhatnak például a konkrét tánclépések, a zene vagy egy-egy figyelemfelkeltő öltözet.

Mivel az emberi mozgás nyújtotta potenciált továbbra is szeretnénk volna alkalmazni annak érdekében, hogy megmaradjunk a valósághű bemutatásnál, úgy döntöttünk, hogy egy egyszerűbb emberi mozgással szemléltetett vizualizációra helyezzük a fókusz: a színészi játékokra és a filmszerű jelenetekre. Napjainkban, főként a fiatalság,

előszeretettel nézi a közösségi oldalakon megjelenő kisfilmeket, sőt egyre inkább kezdenek elterjedni a vizuális elemeket tartalmazó, mozi jellegű reprezentációk már akár az oktatásban is. Ennek értelmében elengedhetetlen a drámai elemek, fordulatok, színészi jelenlét biztosítása. Mindez megerősített minket abban, hogy megmaradjunk az emberi mozgás által szemléltetett vizualizációknál, de ezúttal drámapedagógiai elemekkel ötvözve, vizuálisan meséljük el az adott informatikai stratégia történetét az „AlgoRythmics színpadon”.

Azáltal, hogy a szemléltetést a színpadra helyeztük át, a művészi kifejezés első számú szempont volt a tervezéskor. Célunk továbbra is az volt, hogy fenntartsuk a tudomány és a művészet fúziójából származó előnyöket. Mivel a filmbeli jeleneteket tartalmazó színpadi előadások nagy népszerűségnek örvendenek, úgy gondoltuk az algoritmikus színpadon való elmesélése, mint vizuális történetmesélés, lebilincselő élményt biztosíthat főként a fiatal diákok körében.

A vizuális történetmesélés nagyon hasznos eszköz, amely segítségével könnyedén elő tudjuk segíteni a megértést és a komplexebb információkra való visszaemlékezést [73]. Bár ennek nagyon sok változata ismert, az egyik legjellegzetesebb közös jellemvonás, hogy filmek segítségével és a benne található mozdulatsorozatok által el tudunk mesélni egy történetet. Ez a koherens narratívát bemutató történetmesélés jelentősen tudja stimulálni az agy működését, és a néző is könnyen tud azonosulni vele [74]. Lindsay szerint a filmek olyanok, mint a „mozgó szobrok”, melyek megvalósítása komoly kihívás elé állítja a rendezőket, hiszen számos drámai és filmbeli elem használatát követeli meg [75]. Annak érdekében, hogy a nézők számára a filmnézés egy élmény legyen, gondosan és alaposan kell kiválasztani, majd taláztatni a következőket: cselekmény, filmezés, stílus, fények, design, videó szerkesztés, hang, helyszín és színek [76,77]. Tulajdonképpen ezek az elemek együttesen képezik a film nyelvét [78]. Néhány kutató azt is megfogalmazta, hogy a magával ragadó filmek rendkívül kreatívok és kifejezők tudnak lenni [79]. Különösen színpadi koreográfiák esetén ezek a jellemzők rendkívül fontosnak bizonyulnak, melyek lehetővé teszik úgynevezett *mise en scène* jelenetek megvalósítását [74].

Továbbá, ahogy azt már korábban említettük, a történetmesélés olyan módszer, amellyel a közönség nagyon könnyen tud azonosulni. Hasonlóképp vélekedett erről McKee is, aki kiemelte a közönség és az előadás közötti rezonálás fontosságát [80]. Az is egyre inkább észrevehető, hogy a mai fiatalok a közösségi médiának élnek és naponta több kisfilmet is megnéznak, melyek egy-egy életből kiragadott eseményt vagy történetet mutatnak be [81]. Ennek következtében a mai generáció hozzá van szokva, sőt preferálja a filmek által szemléltetett történetmesélést. Ezt Veenstra és kutatótársai is megerősítik, akik cikkükben kihangsúlyozzák azt a tényt, hogy a fiatalok képesek akár nagyon hosszú időt is eltölteni azzal, hogy megtaláljanak egy olyan videót, ami megfelelő tapasztalatot nyújt [82].

A téma kapcsán végzett előzetes szakirodalmi kutatások arra ösztönöztek, hogy kamatoztassuk a vizuális média nyújtotta lehetőségeket az oktatásban is. Ha valóban nagy népszerűségnek örvendenek a filmek és a vizuális történetmesélés, minden bizonnyal az informatikai fogalmak népszerű és megkapó filmekkel való ábrázolása is jelentősen javíthatja a tanulási élményt, ezáltal elősegítve a diákok számítógépes gondolkodásának fejlődését is.

2.3 Élménypedagógiai elemek hatása a CT fejlesztésére

Bebizonyosodott, hogy a DR képezi az első, alapvető vizualizáció egyikét, mely szorosan összefügg a CT fejlesztésével. Ennek egy kiterjesztett változata, mely képes dinamikus vizualizációk bemutatására és emberi mozgást is tartalmaz, a színészi játék által bemutatott vizualizáció, amely a vizuális történetmesélés megtestesítője. Amellett, hogy kerestük a megfelelő módszert, amellyel az algoritmusokat szemléltetni tudjuk, fontosnak tartottuk annak felmérését is, hogy milyen mértékben járul mindez hozzá a jobb tanulási élmény eléréséhez. Pontosabban szólva, szerettük volna felmérni azt is, hogy a diákok élvezhetőnek, motiválónak tartják-e a bemutatást. Ez az élménypedagógiai felmérés képezte a kutatások harmadik fő szempontját.

A felhasználók, vagyis a nézők vizualizációhoz való hozzáállását a Technology Acceptance Model segítségével szerettük volna felmérni, ehhez azonban elengedhetetlen elsősorban az attitűd oktatásban értelmezett szerepéről beszélni.

Az attitűd egy olyan pszichológiai tulajdonság, amely magában foglalja az adott egyén értékelését, érzéseit, meggyőződéseit és véleményét egy másik személy, tárgy, ötlet vagy életből vett helyzet kapcsán [83]. Ez az egyén általános álláspontját vagy hozzáállását jelenti, amely jelentősen befolyásolhatja a gondolatokat, viselkedéseket és az adott téma kapcsán megfogalmazott válaszokat. Az attitűdök rendszerint kognitív, affektív és viselkedéses komponensek kombinációja révén alakulnak ki. A kognitív komponens az adott témához kapcsolódó véleményeket és gondolatokat foglalja magába, az affektív komponens az érzelmi reakciókat vagy értékeléseket képviseli, míg a viselkedéses komponens magába foglalja a különféle viselkedési tendenciákat vagy hajlandóságokat a témához kapcsolódóan. Az attitűd részletes vizsgálatához és annak megértéséhez számos tanulmány kapcsolódik [84,85,86].

A Technology Acceptance Model (TAM) bevezetése Davis nevéhez fűződik, mely két fontos tényező vizsgálatát foglalja magába: az úgynevezett érzékelt hasznosságot (perceived usefulness – PU) és az érzékelhető könnyedséget a használatban (perceived ease of use – PEOU), melyek meghatározó tényezői a felhasználó attitűdjének a technológiára vonatkozóan [87]. Néhány kutató úgy fogalmazott, hogy a felhasználók hajlamosak kezdetben elfogadást mutatni egy adott, új technológia iránt, mely viselkedés következtében a későbbiekben a technológia aktív felhasználóivá válnak [88,89]. Ez a hajlandóság nagymértékben függ a felhasználó attitűdjétől, mely szoros összefüggésben van a korábban említett viselkedéssel és gondolatokkal. Ajzen szerint a tervezett viselkedés elmélete (planned behavior – TPB) és az egyén attitűdje között a következő függőségi lánc fogalmazható meg: magát a viselkedést, a viselkedésre vonatkozó szándékok képezik, mely az egyén attitűdjén alapszik [90,91]. Kutatásainkban a bemutatott módszer kapcsán mért felhasználási szándékot vizsgáltuk, mely szoros összefüggésben van a tanulók viselkedésével és attitűdjével. Fontos megemlíteni, hogy kutatásunkban az attitűd tényezőjét a bemutatott vizualizációt követően mértük, mely nem a tényleges utána következő használatot foglalta magába.

Annak ellenére, hogy az attitűd központi szerepet játszik a TAM modellben, érdekes módon néhány kibővített modell nem tartalmazza ezt a komponenst, sőt más elemek-

kel helyettesíti (TAM2 modell [92]; UTAUT modell [93]: egységes technológia elfogadási és -használati elmélet). Ennek ellenére bebizonyosodott számos későbbi kutatás kapcsán, hogy az attitűd rendkívül fontos szerepet játszik a hasonló mérésekben [94,95,96]. Ennek eredményeképpen a TAM maradt az alapvető, egyik legnépszerűbb és leggyakrabban használt modell számos kutatásban, felülmúlva olyan modelleket, mint például az UTAUT [97].

A TAM modell komponenseit tekintve a PU és a PEOU kulcsfontosságú elemeknek számítanak. Ennek ellenére, a pontosabb és mélyebb következtetések érdekében javasolják további tényezők bevonását a modellbe [88]. Ilyen tényezőnek számít például a szórakoztatás, az élmény szerepe, melynek fontosságát Dogruel és munkatársai is kiemelik kutatásukban [89]. Ők fogalmazzák meg azt, hogy a TAM modellhez kapcsolódó kutatások többsége főként az új-média technológiában fellelhető feladatokra összpontosított, miközben a szórakoztatás szerepét elhanyagolta. Mindez, visszavezethető az eredeti TAM modell működésére és hiányosságaira, melyet még Davis határozott meg [87]. A Davis által bemutatott modell elsősorban a munkahelyi környezetben történő technológia elfogadására és a magatartás vizsgálatára tervezték. Ennek következtében csupán néhány tanulmányban lelhető fel a játékosság, élmény és motiváció vizsgálata egy adott technológia kapcsán. A szórakoztató iparban és ennek kapcsán a vizuális történetmesélés kapcsán elengedhetetlen volt a felhasználói élmény felmérése is [98]. Ennek megoldására, Dogruel és munkatársai javasolták a PU helyettesítését egy úgynevezett élmény tényezővel (enjoyment factor) [89].

Mivel számunkra fontosnak bizonyult az informatikaoktatásban felhasznált oktatófilmek (oktatással kapcsolatos vizualizációk) hatékonyságának vizsgálata, úgy döntöttünk, hogy méréseinkben úgy az érzékelt hasznosságot (PU) mint az érzékelt élményt (PE) egyaránt mérni fogjuk.

Fontos megemlíteni, hogy a TAM fentebb említett kibővítései mellett, az Innovation Diffusion Theory (IDT) is javasolta néhány új dimenzió bevezetését [99,100]. Az IDT öt innovációval kapcsolatos tulajdonság bevezetését javasolta, abból a célból, hogy a felhasználói elfogadás aránya is legyen mérhető, melyek közül az ehhez kapcsolódó

kutatások a következő hármat értékelték hasznosnak: előnyök, kompatibilitás és komplexitás [101]. Mivel az előny közvetlenül vagy közvetetten kapcsolódik a PU-hoz és a komplexitás a PEOU-hoz, a három tényező közül a kompatibilitás az egyetlen innovációs elem, amelyet a TAM nem mér közvetlenül [100]. Ennek kapcsán Gummusoy és kutatótársai rávilágítottak arra, hogy a kompatibilitás az egyik legbefolyásosabb tényező, amennyiben a használat könnyedségét szeretnénk mérni [88]. Ennek következtében úgy döntöttük, hogy méréseinkben ezt a tényezőt fogjuk figyelni a PEOU helyett.

Davis elismerte, hogy bár a TAM modell rendkívül értékes a technológiahasználatra vonatkozó felhasználói viselkedés megértésében, amennyiben szeretnénk egy pontos és átfogó képet kapni a módszer elfogadottságáról, elengedhetetlen további változók bevezetése, amelyek a specifikus technológiához kapcsolódnak [87]. Ennek megfelelően az általunk megtervezett felmérésben kiemelten fókuszáltunk arra, hogy megcélazzuk az oktatási környezetre vonatkozó potenciális tényezőket. Ezeket három csoportba soroltunk: kognitív előnyök, elköteleződéshez kapcsolódó tényezők és előnyök, valamint a film jellemzői.

Az előzetes szakirodalmi kutatások alapján sikerült három fő szempont szerint is megalapozni kutatásainkat. Elsőként a DR és CT, valamint a jelenlegi oktatási rendszer közötti kapcsolatot szeretnénk volna felmérni, arra összpontosítva, hogy milyen tényezők befolyásolják leginkább a diákok számítógépes gondolkodásának fejlődését. Ezt követően kiterjesztettük a DR nyújtotta vizualizációt emberi mozgással szemléltetett vizualizációra. Ezáltal lehetővé tettük a statikus reprezentációról való áttérést dinamikusra, és egy lehetséges megoldást kaptunk az animációban rejlő tranziens effektus javítására. Továbbá, a táncban rejlő dekoratív elemek kiküszöbölése érdekében egy egyszerűbb emberi mozgás által szemléltetett módszer került kivitelezésre, ahol színészi játékkal mutattuk be az algoritmusokat. A harmadik fázisban az előző két részben megfogalmazott következtetések és tapasztalatok alapján létrehozott vizualizációk felhasználói élményre gyakorolt hatását tanulmányoztuk.

3 Tézisek

A bevezetőben és a szakirodalmi kutatások részben megfogalmazott következtetések alapján három fő tézist fogalmaztunk meg, melyek a következők voltak:

T₁. A diagrammatikus gondolkodás (DR) látens módon hozzájárul a számítógépes gondolkodás (CT) fejlődéséhez.

T₂. Az emberi mozgás terén a színészi játék hatékonyabb és kifejezőbb lehet, mint a tánc.

T₃. Az algoritmikus stratégiákat bemutató rövidfilm lebilincselő, pozitív kognitív és motivációs hatásokat eredményez a felhasználói élmény kapcsán.

4 Innovatív pedagógiai megközelítések a CT fejlesztésében: dráma- és élményalapú kutatások

A három tézis igazolására három fő kutatást végeztünk [104,105,106], melyek további elő- és utókutatásokkal egészültek ki. A következő alfejezetekben szeretném bemutatni a kutatások főbb elemzési szempontjait.

4.1 A DR és CT kapcsolata

Az első fő kutatás azt vizsgálta, hogy milyen összefüggés lelhető fel a DR és CT képességek között és ezek milyen mértékben tudnak hozzájárulni a diákok tanulásban való előrehaladásához.

4.1.1 Kutatási kérdések

A két képességhez kapcsolódó szakirodalmi kutatások rávilágítottak arra, hogy az elsőéves informatika és mérnöki szakos hallgatóknak, már középiskolai tanulmányaik során fejlődik a DR és CT képességük. Ennek egyik oka az lehet, hogy ezek a képességek implicit módon is tudnak fejlődni, például különféle STEM tantárgyak keretén belül, lévén, hogy a diákok kiemelt hangsúlyt fektetnek ezekre a tantárgyakra tanulmányaik során. Egy további motiváló tényező az lehet, hogy a romániai rendszer szerint a diákok a STEM tantárgyakon elért érettségi pontszámaik alapján nyernek felvételt különféle felsőoktatási intézmények programjaira. Ennek értelmében az is feltételezhető, hogy a diákok CT szintje bizonyos mértékben tükrözi a programozási tapasztalat mértékét. A kutatás során ezeket a szempontokat szerettük volna felmérni, illetve arra is kíváncsiak voltunk, hogy a hallgatók egyetemi tanulmányaik kezdetekor (I. év, I. félév) mért CT és DR szintje milyen mértékben tudja előre jelezni az első programozás kurzuson való előrehaladást (CS₁). Továbbá, érdekeltek voltunk abban is, hogy milyen mértékben befolyásolja a CT teszten elért eredményeket a diákok érettségi minősítése.

Ezek kapcsán a következő kutatási kérdéseket fogalmaztuk meg:

RQ₁. Van-e korreláció a diákok CT és DR képessége között?

RQ₂. Milyen mértékben befolyásolja a hallgatók előzetes programozási tapasztalata az eredményeket?

RQ₃. Milyen mértékben tudja a hallgatók CT és DR képessége előre jelezni a CS₁ vizsgán való teljesítményt?

RQ₄. Van-e összefüggés a diákok érettségi minősítései és a CT teszten elért pontszámok között?

4.1.2 Módszertan

Résztvevők

A kutatás megvalósítására a Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetemen került sor az egyetemi tanév első félévét megelőző úgynevezett regisztrációs héten. Összesen 137 (17% nő) elsőéves egyetemi hallgató vett részt a kísérleten a következő szakokról: Informatika (34%), Számítástechnika (22%), Automatika és alkalmazott informatika (10%), Mechatronika (11%), Infokommunikációs rendszerek (8%) és Gépészmérnöki (11%). Az egyetemi szak mellett, a változatossághoz a résztvevők középiskolai tanulmányainak eltérő jellege is hozzájárult, melyek kapcsán a következő volt az eloszlás: elméleti (Természettudományok – 21.2%, matematika-informatika – 51.9%), műszaki (16.8%), közigazgatás és turizmus (5.8%) és egyéb (4.4%) szakterületről érkező diákok.

Amint az előzetes szakirodalmi kutatásokból is kiderült, a romániai oktatási rendszer eltérő tantervet biztosít a fent említett akadémiai programok függvényében. Ennek következtében az egyetemre érkező diákok előzetes programozási tapasztalata (PPE) nagymértékben eltér, hiszen nem minden iskolai program esetén kötelező a programozásoktatás. A reál tudományok segítik elő leginkább a STEM tantárgyakhoz kapcsolódó érettségi oklevél megszerzését. Ilyen akadémiai programok esetén a diákok középiskolás éveik során heti 4–7 órában tanulnak matematikát. Továbbá, az eltérő programozási tapasztalat annak tulajdonítható, hogy a természettudományok szakon tanuló diákok heti 2 órában tanulnak programozást (középhaladó) és csupán két évig (9–10. osztályban). Ezzel szemben a matematika-informatika profil diákjai heti 5–7 órában tanulnak programozást (haladó) négy éven keresztül. A fent említett két szak-

területen kívül, a többi akadémiai program nem tartalmaz a tantervben programozás-
oktatást. Ennek következtében, ezekről a szakokról érkező diákok nem rendelkeznek
előzetes programozási tapasztalattal (kezdő) az egyetemi tanulmányok megkezdése-
kor. A résztvevők előzetes programozási tapasztalata szerinti eloszlást az 1. táblázat
szemlélteti.

kezdő	középhaladó	haladó
36 (26%)	38 (28%)	63 (46%)

1. táblázat: Előzetes programozási tapasztalat szerinti eloszlás

A kutatás menete

A hallgatók CT, DR és CS1 kurzuson elért eredményei közötti összefüggés vizsgálá-
tához korrelációs vizsgálatot végeztünk. A kutatás célja az volt, hogy átfogó képet
kapjunk a hallgatók CT és DR képességeiről a CS1 pontszámok alapján. Ennek meg-
határozásához minden diák egyaránt ki kellett töltsen a DR és CT képességekre vonat-
kozó teszteket, csoportbontás nélkül. A felmérést a Sapientia Erdélyi Magyar Tudo-
mányegyetem egy előadótermében hajtottuk végre, ahol minden résztvevő egyidejű-
leg kellett megoldjon két papíralapú tesztet (DR és CT kapcsán). A résztvevőknek
egy óra állt rendelkezésükre a kérdések megválaszolására (DR teszt: 10 perc, CT
teszt: 50 perc).

A kutatás eszközei

A két képességre vonatkozó teszt előtt, a résztvevőknek négy előzetes tanulmányaikra
vonatkozó (Q1–Q3: egyetemi szak, középiskolai profil, neme, Q4: előzetes progra-
mozási tapasztalat) és egy személyes adatok feldolgozására vonatkozó kérdést (Q5)
kellett megválaszolniuk. Továbbá, a DR teszt 10 feleletválasztó kérdésből (Q6–Q15),
míg a CT teszt 3 több alpontos algoritmikai feladatból állt (Q16–Q25) (2. táblázat).
A tesztek eredeti, teljes változata a 8. fejezetben tekinthető meg.

Kérdés	Tartalom
Q ₁	Nem: nő/férfi

Q ₂	<i>Középiskolai tanulmányok (szak):</i> Milyen szakon tanultál középiskolában?
Q ₃	<i>Egyetemi szak:</i> Milyen szakon tanulsz egyetemen?
Q ₄	<i>PPY:</i> Hány évig tanultál programozást?
Q ₅	<i>Személyes adatok feldolgozására vonatkozó kérdés:</i> Beleegyezel az adataid névtelenül történő feldolgozásába? (igen/nem)
1. feladat	DR teszt kitöltése
Q _{6–10}	<i>Ismeretlen műveletek:</i> Határozd meg az „operátorok” hatását egy adott „bemenet” tartozó „kimenet” előállításához.
Q _{11–15}	<i>Ismert műveletek:</i> Dolgozz fentről lefelé. A „kimenet” előállításához alkalmazd a megadott „operátorokra” vonatkozó szabályokat.
2. feladat	CT kitöltése
2.1 feladat	Számológép feladat: Ha adott egy számológép által használt algoritmus, határozd meg a helyes kimenetet minden bemeneti értékhez: $calculate(n)$, ahol n a bemenet, a kimenet pedig a $calculate(n)$ függvény eredménye.
Q ₁₆	$calculate(4)$: Mi a kimenet 4-es bemenet esetén?
Q ₁₇	$calculate(7)$: Mi a kimenet 7-es bemenet esetén?
Q ₁₈	<i>Részeredmények egy eredménnyé való összesítése:</i> Mi a kimenete a következő műveletsornak: $calculate(2) * calculate(6) - calculate(3) * calculate(4)$
Q ₁₉	<i>Általános képlet $calculate(n)$-re:</i> Mi a kimenet, ha a bemenet n ?
2.2 feladat	Hőtérkép feladat: Egy gép öt képet tud felismerni, amelyek az I, T, O, C és L betűket képviselik. A gép hőtérképeket használ a felismerési folyamatban. A hőtérkép a következőképpen definiálható: a képek minden pixeléhez egy értéket rendelünk. Az érték megmutatja, hogy a többi kép közül hánynak van ugyanaz a pixele az adott helyen.
Q ₂₀	<i>Minta felismerés:</i> Melyik betűt jelzi a következő 3×3 hőtérkép: {3, 3, 2 / 2, 2, 0 / 2, 4, 2}?
Q ₂₁	<i>Minta felismerés:</i> Melyik betűt jelzi a következő 3×3 hőtérkép: {3, 0, 1 / 2, 2, 3 / 2, 4, 2}
Q ₂₂	<i>Melyik a kakukktojás:</i> Melyik hőtérkép nem talál egyik képhez sem?

2.3 feladat	Népszerűség feladat: Hét barátja tagja egy online közösségi hálózatnak. A közösségi hálózat lehetővé teszi számukra, hogy saját és barátaik idővonalain lássák a bejegyzéseket. Két személy akkor barát egymással, ha össze van kötve egy vonallal.
Q ₂₃	<i>Közvetlen kapcsolat:</i> Ki látja X bejegyzéseit?
Q ₂₄	<i>Egy csúcs fokszáma:</i> Hány olyan személy van, akiknek a bejegyzését pontosan 4 személy láthatja?
Q ₂₅	<i>Élek törlése:</i> Hogyan tudunk elrejtetni bejegyzést valaki elől?

2. táblázat: Kérdések összefoglaló táblázata

Diagrammatikus gondolkodás teszt

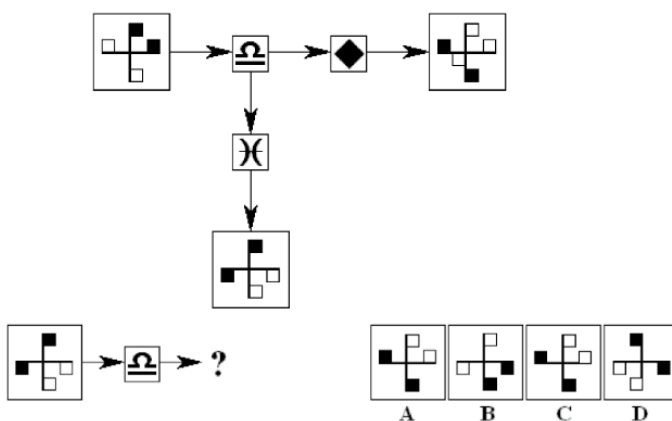
A diagrammatikus gondolkodásra vonatkozó tesztkérdések az ingyenesen elérhető, hivatalos pszichometria alkalmassági tesztek online oldaláról voltak összegyűjtve¹ [107]. Ezeket a tesztek széles körben alkalmazzák az oktatásban, de az ipari szférában is, például interjúk során. A tesztek segítségével, rálátást lehet nyerni különféle személyiség típusokra és az egyén képességeire is [108,109,110].

Newton és Bristol szerint, a DR tesztek szorosan kapcsolódnak az absztrakt gondolkodással kapcsolatos tesztekhez, melyek célja, hogy folyamatábrák és diagramok által előrevetítsék egy logikus gondolatmenet vagy következetes szabályok lehetséges eredményét [111]. Tóth és munkatársai azt is kihangsúlyozták, hogy a DR tesztek kiváló lehetőséget biztosítanak arra, hogy felmérjék egy adott személy képességkészletét, pontosabban mondván azt, hogy milyen mértékben tud az adott egyén egy jól meghatározott utasítássorozatot követni [112]. Továbbá, ezek a felmérések a technológiával kapcsolatos munkák esetén is igen hasznosnak bizonyulnak, hiszen rálátást adnak egy projekt szoftvertervezési folyamatára.

Ahogy azt már korábban említettem, ebben a kutatásban a résztvevők hat különböző egyetemi szakról voltak. Léven reál szakokról szó, mindegyik kiemelt figyelmet fordít a szoftvertervezési szempontokra és architektúrára. Ez megerősített minket abban,

¹ <https://psychometric-success.com/>

hogy érdemes és fontos felméri a hallgatók DR képességét, hiszen ez szorosan összefügghet az egyetemi tanulmányokon való előrehaladással is. Ennek a képességnek a felmérésére két nagy kategóriát határoztunk meg: (1) a szabályszerűségek felismerése ismeretlen műveletek esetén (Q6–Q10) – azon kérdések, amelyek esetén a hallgatóknak meg kellett határozniuk egy adott bemenethez tartozó kimenetet és (2) szabályszerűségek felismerése ismert műveletek esetén (Q11–Q15) – mely esetén a résztvevőknek egy jól meghatározott utasítássorozatot kellett követniük a megoldás meghatározásához. Több kutató is arra a következtetésre jutott, hogy a mechatronika, villamosmérnök és mérnök informatikus hallgatók lényegesen jobban teljesítenek az ehhez hasonló DR teszteken, mint társaik. Ez a jelenség kihangsúlyozza a DR fejlesztésének meghatározó szerepét, mely szorosan összefügg az induktív megismeréssel [112]. Ebben a kutatásban a hivatalos DR tesztet alkalmaztuk, eredeti formájában.



3. ábra: DR teszt feladat – példa

A 3. ábraán látható a DR tesztek egyik jellemző feladata. A diagram két alapvető elemre épül, melyet a nagy, illetve kis négyzetekben található alakzatok alkotnak. A nagy négyzetekben a diagramhoz tartozó bemeneti és kimeneti egységek vannak, míg a kisebb négyzetek tartalmazzák az operátorokat, vagy folyamatokat, amelyeket a diagramnak megfelelő sorrendben kell végrehajtani. Az ábrán felső részén van szemléltetve az a szabályrendszer, ami alapján értelmezni kell a további feladatokat. Ebből a rajzból kiderül, hogy milyen módosításoknak felelnek meg az omega, gyémánt és a

hal szimbólumok. Ebben az esetben az omega operátor végrehajtását követően minden fehér négyzet feketére, és minden fekete négyzet fehérre vált, vagyis úgynevezett szín inverzió lép érvénybe. A gyémánt (fekete négyzet) szimbólum két fekete négyzet közé helyezi egy fehéret. Ezt az eredményt láthatjuk az ábra jobb felső részén, mint kimenet. Továbbá, a hal szimbólum feladata, hogy elforgassa az adott ábrát óramutató járásával megegyező irányba 90 fokot. Így jutunk el az ábra alsó részén található kimenethez. Ennek alapján a szabályokat követő feladat megoldása a B opció lesz, mivel az omega operátor a színeket inertálja.

Számítógépes gondolkodás teszt

A DR tesztet követően a résztvevőknek a számítógépes gondolkodásuk felmérését szolgáló tesztet kellett kitölteniük. Az előzőkkel ellentétben ezek a kérdések részletesebb feladatmegoldást követeltek. A feladatokat a Bebras verseny hivatalos oldaláról választottuk ki, amelyek öt fő kategóriára épülnek: absztrakció, algoritmikus gondolkodás, felbontás, értékelés és általánosítás [113]. Ezeknek a feladatoknak a különlegessége abban rejlik, hogy általuk a mindennapi életből vett problémák, élethelyzetek vannak bemutatva [114]. Mindez elősegíti a tartalom valósághű jellegét, biztosítva ezáltal a kíváncsiság és motiváció fenntartását főként a fiatalabb korosztály számára [115,116].

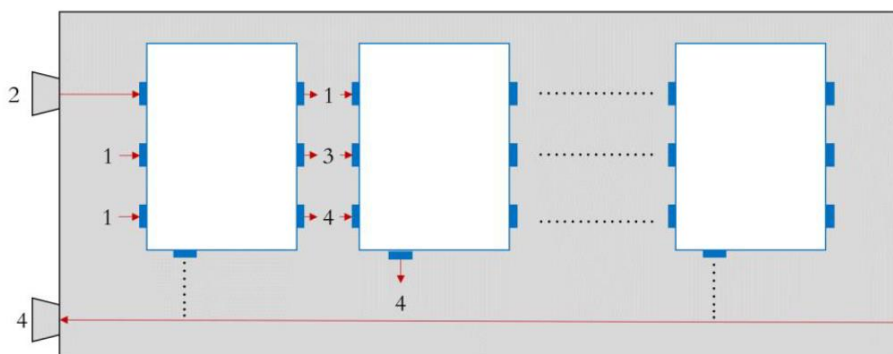
A motiváció fenntartása mellett a Bebras feladatok egyik fő jellemzője, hogy megkövetelik a CT-t, próbára téve a diákok problémamegoldó képességét. Ennek következtében, ezeket a feladatokat számos esetben használják a diákok számítógépes gondolkodásának felmérésére. Tang és munkatársai azt is igazolták egyik tanulmányukban, hogy a Bebras feladatokon mért eredményeik szignifikánsan korreláltak egy másik CT teszt eredményeivel [117].

Lévéen, hogy a Bebras egy nemzetközileg elismert projekt, melynek magyar kezdeményezése is ismeretes és kutatásunkban magyar nyelvű diákokat céloztunk meg, a mérés során a feladatokat a magyar kutatócsoport által működtetett e-hód ELTE online oldalról válogattuk ki [118,119]. A kezdeményezés kapcsán a magyar kutatók is

hasonlóan vélekedtek. Tanulmányaikban ők is azt a jelenséget igazolták, hogy ezeknek a feladatoknak a segítségével a tanároknak lehetőségük van a diákok odaadásának és motivációjának könnyebb fenntartására, továbbá a feladatok által a diákok programozással kapcsolatos félelmei és negatív érzései is jelentősen csökkennek [120].

Ebben a kutatásban a CT teszt három kihívást jelentő e-hód feladatból (lásd. 8.2 melléklet) épült fel azzal a céllal, hogy fel tudjuk mérni a diákok számítógépes gondolkodását. Annak érdekében, hogy még erőteljesebb rálátást kapjunk algoritmus bonyolultsággal kapcsolatos kérdésekre is, minden feladatot kibővítettünk néhány kiegészítő kérdéssel. A feladatok a következők voltak:

- Számológép: Az eredeti számológép feladatot 2021-ben tűzték ki a Bebras versenyen, amely egy kérdést tartalmazott (Q16) [121]. A feladatot három további kérdéssel bővítettük ki: Q17 – egy egyszerű kérdéssel (Q16 – hoz hasonló jelleg), Q18 – egy komplexebb kérdéssel, amely már egy több lépéses utasítássorozatot tartalmazott és megkövetelte a feladathoz tartozó rész-eredmények összegzését, és Q19 – amely egy általános képletre kérdezett rá. A 4. ábra szemlélteti a számológép különféle egységeit. A számológép tartalmazhat kettő, vagy több komponenst (fehér téglalapok), amelyek mindegyike három számot vár bemenetként és hasonlóképpen működnek. A komponensek minden esetben meghatározzák egy adott bemenet és a megadott szabályszerűségek szerint, hogy mi a kimenetet (8.1 melléklet).



4. ábra: Számológép feladat – bemeneti és kimeneti egységek

- **Hőtérkép:** A második feladat esetén a kétdimenziós reprezentáció került előtérbe, mely által különféle betűk hőtérképe volt látható. A feladat eredeti változata hasonlóképpen a 2021-es évben, Ausztráliában volt kitűzve, mint versenyfeladat és egy fő kérdést tartalmazott (Q20) [121]. Ezt a feladatot két további részkérdéssel egészítettük ki: Q21 – amely az első kérdéshez hasonló gondolkodást követelt, csak egy másik betű hőtérkép által való felismerésére kérdezett rá, és Q22 – amely kérdés esetén a résztvevőknek a kakukktójtást (különbségkártyát) kellett megtalálniuk, vagyis a három megadott minta közül a hibás térképet.

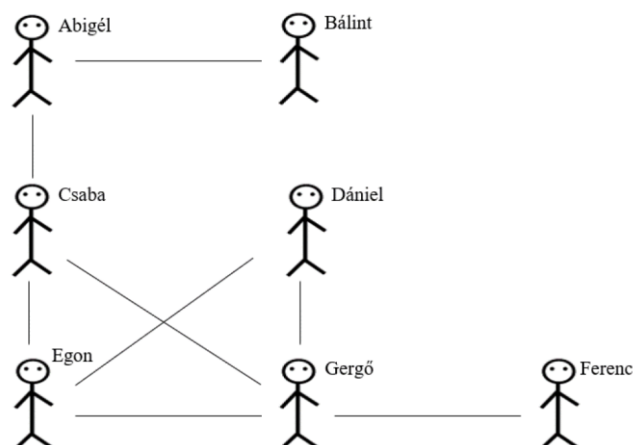


5. ábra: Hőtérkép feladat – betű reprezentáció

0	3	1
1	1	3
1	4	1

6. ábra: Hőtérkép feladat – I betű különbségkártyája

- Népszerűség: A harmadik feladat egy mindennapi életből vett szituációt ábrázolt, mely az emberek egymással való közösségi oldalakon alkalmazott kommunikációjára alapszik. A gráfok kiváló szemléltető eszközök lehetnek közösségi hálózatok vagy barátságok illusztrálására. A feladatot a 2016-os évben kitűzött versenyfeladat ihlette, amely egy alapkérdést tartalmazott (Q₂₃) [122]. Ehhez még két további kérdést csatoltunk: Q₂₄ – amely kapcsán a diákok meg kellett határozniuk a hálózat egy adott csomópontjának fokszámát és Q₂₅ – amely kapcsán a résztvevőknek meg kellett határozniuk, hogy mely kapcsolatokat szükséges megszüntetni, amennyiben bizonyos kritériumoknak kell megfelelni.



7. ábra: Népszerűség feladat – baráti kapcsolatok hálózata

A számítógépes gondolkodás teszt feladatainak teljes változata és részletes leírása a 8.1 mellékletben tekinthető meg.

Statisztikai módszerek

A CT és DR teszteken elért eredmények összehasonlításához Spearman korrelációt alkalmaztunk. Ez egy olyan nem paraméteres statisztikai módszer, amely két változó közötti monoton kapcsolat erősségét méri. A módszer alapját a változók rangsorai közötti korreláció adja, vagyis nem maguknak a tényleges értékeknek, hanem azok

rangsorainak az összefüggését vizsgálja. A Spearman korrelációs együttható (ρ) értéke -1 és +1 között mozog, ahol a +1 tökéletes pozitív korrelációt, a -1 pedig tökéletes negatív korrelációt jelez. A korrelációs együttható értékét kétféleképpen is ki lehet számítani, annak függvényében, hogy az adatok között vannak-e kötött rangok (1. képlet) vagy sem (2. képlet). Mivel a kutatás során úgy a CT, mint a DR teszt esetén lehettek a hallgatók eredményei között azonos pontszámok, a statisztikai feldolgozás során a kötött rangokra vonatkozó esetet kellett figyelembe vevünk (1. képlet).

1. képlet: Spearman-féle korreláció általános képlete

$$r_s = \rho[R[X], R[Y]] = \frac{\text{cov}[R[X], R[Y]]}{\sigma_{R[X]} \sigma_{R[Y]}}$$

Ahol

- ρ – a Person-korrelációs együttható
- $\text{cov}[R[X], R[Y]]$ – a rangváltozók kovarianciája
- $\sigma_{R[X]} \sigma_{R[Y]}$ – a rangváltozók szórása

2. képlet: Spearman-féle korreláció kötött rangok nélküli esetben

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum d_i}{n(n^2 - 1)}$$

Ahol

- d_i – az egyes párok rangbeli különbsége
- n – a megfigyelések száma

A különböző tantárgyakhoz tartozó eredmények és a CT pontszám páronkénti összehasonlítása során páronkénti t-próbát is alkalmaztunk (3. képlet). Ez egy olyan statisztikai módszer, amely két összetartozó mintából származó megfigyelések átlagai közötti különbség tesztelésére szolgál. Az összetartozó minták esetén ugyanazon egyéneket, vagy objektumokat két különböző időpontban, vagy környezetben mérjük meg. A próba célja annak meghatározása, hogy a két mérés közötti átlagkülönbség szignifikáns-e, azaz nem véletlen variáció eredménye. A mi esetünkben ugyanazon

egyéneket két különböző környezetben mértük (különböző tantárgyakon és teszteken elért teljesítmények). A t-próba kiszámítása a következő képlet alapján történik:

3. képlet: Páronkénti t-próba képelet

$$t = \frac{\sum d}{\sqrt{\frac{n(\sum d^2) - (\sum d)^2}{n-1}}}$$

Ahol:

- $\sum d$ – a páronkénti különbségek összege
- $\sum d^2$ – a páronkénti különbségek négyezteinek az összege
- n – a párok száma

4.1.3 Eredmények

A felmérésen összesen 137 diák vett részt, melyek közül ketten nem töltötték ki megfelelően a tesztet. Ennek értelmében az eredmények feldolgozásakor összesen 135 résztvevő válaszait dolgoztuk fel. Az adatok feldolgozását R statisztikai környezetben végeztük, mely négy kulcsfontosságú tényezőre épült: CT-teszt pontszám, DR-teszt pontszám, előzetes programozási tapasztalat (PPE) és a diákok első féléves programozás kurzuson elért jegye (CS₁-pontszám). Az elemzés során a pontszámok közötti korrelációra fókuszáltunk.

CT és DR pontszámok közötti korreláció

Elsőként a résztvevők CT és DR teszten elért pontszámát hasonlítottuk össze (RQ₁). A Spearman korreláció eredménye pozitív összefüggést mutatott a két teszten elért teljesítmény között [$r_s(135)=0,39$, $p<0,001$]. Az ehhez kapcsolódó szakirodalmi kutatások következtetése megoszlik. Míg néhány kutató arra a következtetésre jutott, hogy ez a két képesség nem függ szorosan össze egymással, voltak olyan kutatások is, melyek azt bizonyították, hogy a CT és DR rokonképességeknek tekinthetők [123]. Falkner és kutatótársai például egy puzzle-alapú játékos oktatás során bizonyították a két képesség közötti szoros kapcsolatot, hasonlóképpen programozás és mérnöki

tudományok szakterületről érkező hallgatók esetén [123]. A kutatók kiemelik továbbá azt a fontos tényezőt is, hogy az általuk javasolt módszerben ott rejlik az a potenciál, mely segítségével a CT beépíthető a jelenlegi oktatási tananyagba. A diagrammatikus gondolkodás jelentőségét a puzzle-játékok DR-re épülő jellege hangsúlyozta ki, mely egyik fő építőelemét képezte a kutatók által kidolgozott tananyagnak.

A két képesség közötti szoros összefüggést más kutatók is vizsgálták. Dodig-Crnkovic és Cicchetti például Model-alapú gondolkodással (Model-Based Reasoning) [124] kapcsolja össze a CT és DR fogalmakat és kutatásukban Giere gondolataival is harmonizálnak [125], aki úgy jellemzi a diagrammatikus gondolkodást, mint egy „diagramok és emberek közötti interakció, egy alapvető minta-felismerő gondolat által”. A kutatók igazolják továbbá a számítógépes gondolkodáson alapuló módszerek hatékonyságát és azt, hogy a CT által egy új tudományterület kapuja tárulhat elénk [126], ezzel hangsúlyozva és támogatva a Jeanette Wing által indított számítógépes gondolkodás mindenkinek kezdeményezést [49].

Napjainkban, egyre inkább tapasztalhatjuk azt a jelenséget, hogy a mesterséges intelligencia beépül közvetlen vagy közvetett módon az oktatásba. Ennek számos pozitív hozadéka is lehet, amennyiben megfelelőképpen építjük be a tananyagba. Wan és kutatótársai 2020-as tanulmányukban arra törekedtek, hogy maximalizálják a gépi tanulás által nyújtott potenciált azon K-12 diákok esetén, akik tanulmányaik során STEM tantárgyakat tanulnak [127]. Azt is hangsúlyozzák kutatásukban, hogy a mesterséges intelligencia megfelelő ismeretének és megértésének feltétele a számítógépes gondolkodás képesség. Továbbá, arra is rámutatnak, hogy a diagrammatikus gondolkodás révén lehetőségünkben áll elősegíteni az absztrakt és összetett fogalmak megértését, a tudás elsajátítását és a vizuális adatfelderítést.

Az előzetes programozási tapasztalat CT és DR teljesítményre való hatása

A következő lépésben is a CT és DR teljesítményekre fókuszáltunk, ezúttal azonban bevezettünk egy harmadik vizsgálati szempontot, a diákok előzetes programozási tapasztalatát (PPY). Arra kerestük a választ, hogy ez milyen mértékben változtat az eredményeken. A PPY és CT közötti korreláció [$r(135)=0,44$, $p<0,001$] magasabb

volt, mint a PPY és DR között mért [$rs(135) = 0,17$, $p = 0,04$]. Ennek egyik oka az lehet, hogy a DR teszten mért szórás nagyobb volt (2,32), mint a CT esetén (2,16). Ez az eredmény összhangban van azzal a jelenséggel, hogy a CT és a programozás tanulás között fellelhető egy erős kötelék. Ez abban az esetben tud kibontakozni, amennyiben a programozásoktatás helyesen van kivitelezve. Tikva és Tambouris is megfogalmazták ezzel kapcsolatosan, hogy létezik egy kettős, oda-vissza kapcsolat a CT és a programozás között. Szerintük a programozás támogatni tudja a CT fejlesztését, míg a CT egy új, továbbfejlesztett szerepkört tud biztosítani a programozás számára [57]. Természetesen fontos kiemelni azt a tényt is, hogy a programozás nem az egyetlen módszer arra, hogy a diákok CT képessége fejlődjön, és bár a két fogalom közötti kapcsolat még nem teljes mértékben tiszta [128], ezek együttes használata széles körben elterjedt [129]. Ehhez kapcsolódóan például Grover és Pea úgy hivatkozik a programozásra mint egy kulcsfontosságú eszköz, amely segíti a kognitív képességek fejlődését, akárcsak a CT [130]. Továbbá, számos kutató tud még azonosulni ezzel a gondolattal, akik szerint a programozás képes teret biztosítani arra, hogy az oktatásban fellelhetők legyenek CT specifikus fogalmak és ehhez kapcsolódó gyakorlatok [131,132].

A CT, DR, PPY és CS₁ teljesítmény közötti kapcsolat

Egy következő vizsgálati szempont a CT, DR képességek, a programozási tapasztalat és a diákok első programozás tanfolyamon elért eredményeinek összehasonlítása volt. A résztvevők közül összesen 123 hallgató (137-ből) rendelkezett mind a négy komponenssel, így csak az ő eredményeik kerültek feldolgozásra. Amikor összehasonlítottuk páronként a CT, DR, PPY értékeket a CS₁ teljesítménnyel mindhárom esetben szignifikáns eredményhez jutottunk [CT vs. CS₁: $rs(123)=0,47$, $p<0,001$; DR vs. CS₁: $rs(123)=0,39$, $p<0,001$; PPY vs. CS₁: $rs(123)=0,48$, $p<0,001$].

Ezek az eredmények további bizonyítékot adnak arra, hogy valóban fellelhető egy nyilvánvaló kapcsolat a mért szempontok között: programozás tanulás, számítógépes gondolkodás és diagrammatikus gondolkodás. A középiskolai programozás oktatás és az egyetemi képzésen elért teljesítmény közötti kapcsolatot Gjølsten és kutatótársai

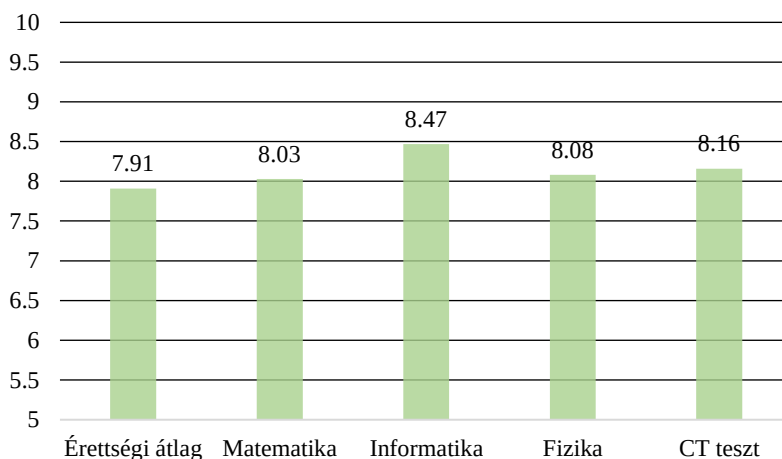
vizsgálták, akik erős pozitív asszociációt találtak a két paraméter között [133]. Meg-erősítették továbbá, hogy a matematika és egyéb tudományokkal kapcsolatos képze-
seken való részvétel középiskolában nagyon fontos. Ez harmonizál előzetes STEM-
mel kapcsolatos kutatásokkal is, ahol a kutatók hangsúlyozzák a matematika és egyéb
STEM-mel kapcsolatos tudományok és a programozás oktatás közötti kapcsolat erős-
ségét [134].

Nemek szerinti teljesítmény

A három kategóriához (CT, DR, CS₁) tartozó pontszámok alakulását megvizsgáltuk
nemek szerinti elosztásban is, melyek során a következő átlagokat és szórásokat (zá-
rójelben levő értékek) kaptuk: CT [nők: 7,35 (1,86); férfiak: 7,51 (2,33)], DR [nők:
6,47 (2,26); férfiak: 7,42 (2,29)] és CS₁ [nők: 8,21 (2,03); férfiak: 8,00 (2,01)]. A CT
és CS₁ pontszámok esetén nem jutottunk szignifikáns különbséghez, viszont a DR
teszteken a férfiak jelentősen jobban teljesítettek nő társaiknál. Ennek feltehetően a
nemek közti szakadék lehet az okozója, amely a STEM oktatás során igen jellemző
[135]. A női hallgatók feltehetően sokkal kevésbé biztosak magukban, ha programo-
zással kapcsolatos kérdésekről van szó, ennek ellenére sokszor képesek felülmúlni a
férfiakat, mint ahogy ez itt is érzékelhető a CS₁ pontszámok tekintetében.

Érettségi minősítések és CT teszten elért pontszámok közötti összefüggés

Mivel a diákok CT képessége nagymértékben függ az előzetes programozási tapaszt-
alat mértékétől, megvizsgáltuk, hogy milyen más tényezők járulhatnak hozzá ennek
a képességnek a fejlődéséhez. A romániai rendszer szerint a reál szakon végzős diá-
kok négy tantárgyból kell érettségizzenek: román, magyar, matematika és egy vá-
lasztható tantárgy (biológia, fizika, informatika, kémia). Ezek alapján egy végső érett-
ségi átlagot is számolnak a diákoknak. Elsősorban az érettségi átlag és a CT teszt
közötti összefüggésre voltunk kíváncsiak lévén, hogy mindkettő multidiszciplináris
képeségekre épül.



8. ábra: Érettségien és CT teszten elért eredmények

Amint azt a 8. ábra is mutatja, a teljesítmények átlagai közti eltérés nem számottevő. A páronkénti t-próbák igazolták, hogy egyik kategória között sem volt szignifikáns eltérés ($p > 0,05$). Mindez arra enged következtetni, hogy az érettségi tantárgyakon szerzett jegyek összességében egyensúlyozottak (átlag: 7,91, matematika: 8,03, informatika: 8,47, fizika: 8,08, CT teszt: 8,16), sőt a CT teszt eredményei is. Mivel az átlagok közül az informatika jegyek átlaga a legnagyobb azt feltételezhetjük, hogy az informatikából érettségiző diákok számítógépes gondolkodás teszt eredménye lesz magasabb. Ez ismét megalapozza azt a feltételezést, hogy az informatika oktatás jobban hozzájárul ennek a képességnek a fejlesztéséhez.

Az átlagok összehasonlítását követően kíváncsiak voltunk arra is, hogy milyen mértékben korrelálnak a különböző érettségi tantárgyakon szerzett jegyek a CT teszten elért eredményekkel. A CT pontszámok külön tantárgyakon mért korrelációs értékeket a 3. táblázat szemlélteti.

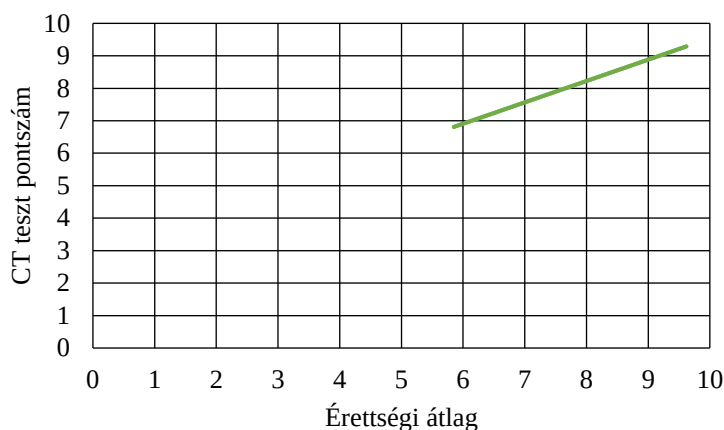
Érettségi	r
Átlag	0,2526
Matematika	0,2021
Informatika	0,2095
Fizika	0,1513

3. táblázat: Érettségi eredmények és CT teszt közötti korreláció

Bár a korrelációs értékek minden tantárgy esetén pozitívak, nem tekinthetők jelentősnek, ami arra utal, hogy az érettségi és a CT teszt eredményei közötti kapcsolat gyenge (a nullához közel áll).

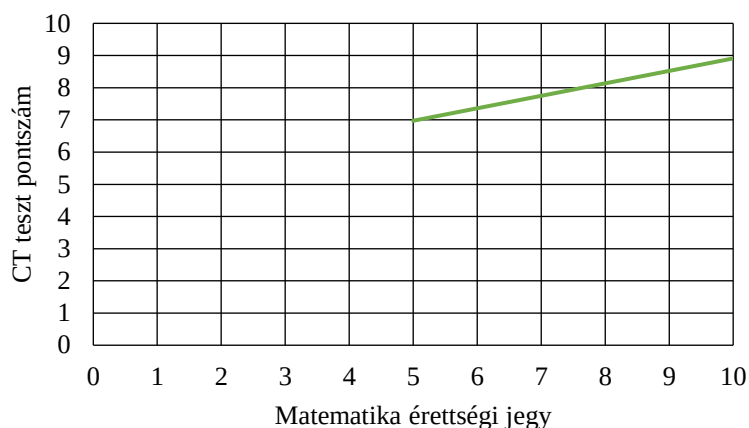
Ez arra enged következtetni, hogy bár a magasabb érettségi pontszámok valószínűleg jobb CT teszteredményekkel járnának együtt, a jelenlegi érettségi tananyag nem támogatja kellő mértékben a diákok számítógépes gondolkodásának fejlesztését. Ez a feltételezés megerősített abban, hogy kiemelten fókuszáljunk arra, hogy a diákok számítógépes gondolkodását nem csupán CT specifikus feladatok által fejlesszük, hanem a tantárgyak keretén belül is.

Továbbá, azt vizsgáltuk, hogy hogyan alakulnak a különböző tantárgyak korrelációs diagramjai. Érdekesség, hogy a legmagasabb korrelációs érték ($r=0,252$) az érettségi átlagok esetében volt mérhető (9. ábra). Ezt úgy értelmeztük, hogy a számítógépes gondolkodás képességét nem kizárólag az informatika, matematika, fizika vagy más természettudományokkal kapcsolatos tantárgyak keretében lehet fejleszteni, hanem annak multidiszciplináris jellege miatt más tantárgyak is pozitívan befolyásolhatják ezt, és hozzájárulnak a diákok problémamegoldó készségének fejlesztéséhez.



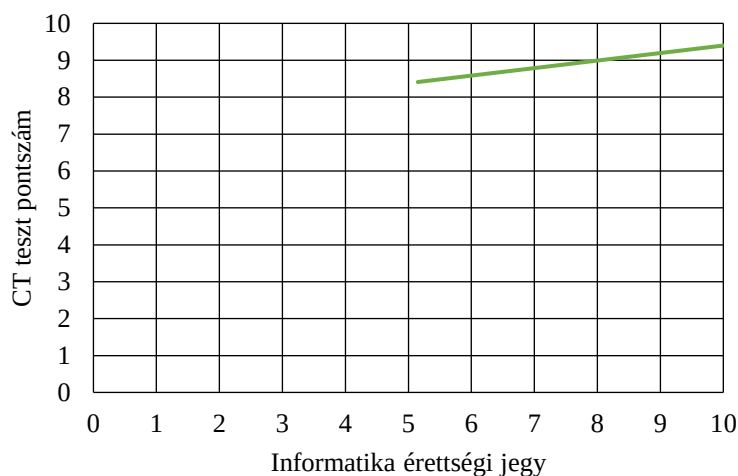
9. ábra: Érettségi átlag és CT teszt közötti korreláció

Különös érdeklődéssel fordultunk a matematika jegyek és a CT képesség közötti összefüggésre, hiszen számos kutató emelte ki a matematikaoktatás fontosságát a problémamegoldó képesség fejlesztésével kapcsolatosan. Ezt azért is tartottuk fontos szempontnak, mivel mindenki tanul matematikát középiskolában, függetlenül az iskolától vagy szakiránytól. Ennek értelmében ez jelentősen befolyásolhatja ennek a képességnek az alakulását. Ennek ellenére, az eredmények feldolgozását követően azt tapasztaltuk, hogy ez nem járul hozzá jelentős mértékben a jobb CT teljesítményhez ($r=0,202$), és a jegyek eloszlása változatos (10. ábra). Minden bizonnyal, a jelenlegi matematikaoktatásnak sokkal inkább arra kellene összpontosítania, hogy a tananyag átadása mellett a diákok problémamegoldó képességeit, kreativitását és logikus gondolkodását is fejlessze.



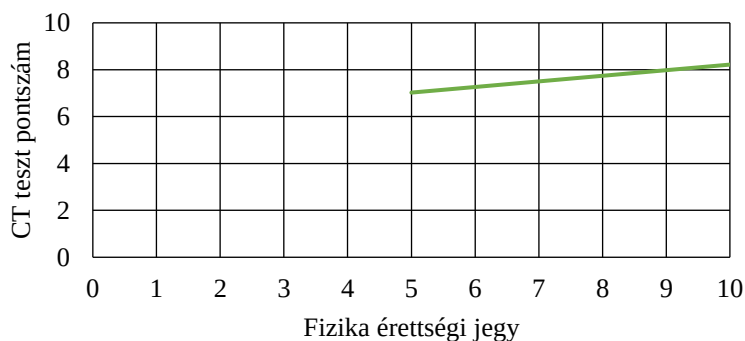
10. ábra: Matematika érettségi jegy és CT teszt közötti korreláció

Hasonló jelenség figyelhető meg az informatika jegyeknél is, más tantárgyak vagy az érettségi átlaggal ellentétben itt a CT teszt eredményei kerekednek felül, sőt egy enyhe torlódás is észlelhető a 9-10 pontok és osztályzatok körül (11. ábra). Ennek ellenére a korrelációs együttható értéke ($r=0,209$) nem sokkal jobb, mint a matematika tantárgy esetében. Bár azt vártuk, hogy az informatika jegyek jobban korrelálnak a CT teszten elért pontszámokkal, ez a feltételezés nem igazolódott be. Ennek oka az lehet, hogy az informatika érettségien megjelenő feladatok nagy valószínűséggel nem helyeznek kellő hangsúlyt a számítógépes gondolkodási képesség felmérésére és nem ebben a szellemben méri a tudást.



11. ábra: Informatika érettségi jegy és CT teszt közötti korreláció

A fizika jegyek esetében az előző értékekhez képest alacsonyabb korrelációs együtthatóhoz jutottunk ($r=0,151$). Ennek egy lehetséges magyarázata az lehet, hogy a fizika gondolkodásmódja és jellege bizonyos szempontból eltér a matematika és az informatika tantárgyaktól, melyek esetén feltételeztük, hogy természetüknél fogva szorosabb kapcsolatban állnak a CT teszt eredményeivel. Egy másik magyarázat az lehet, hogy a fizika oktatás során még kevésbé kerül fókuszba a problémamegoldás.



12. ábra: Fizika érettségi jegy és CT teszt közötti korreláció

4.1.4 Következtetések

Ez a kutatás négy fő szempontot vizsgált (CT, DR, PPY, CS₁) melyet kiegészítettünk egy további tényezővel (érettségi eredmények), hogy rálátást kapjunk a jelenlegi középiskolai oktatásban rejlő potenciálra.

Az első kutatási kérdésünkre reflektálva (RQ₁), arra az eredményre jutottunk, hogy a CT és DR képességek között valóban fellelhető egy összefüggés, sőt rokonképességeknek mondhatjuk őket és mindkettő fontos részét képezhetné a jövő oktatási stratégiáinak.

A CT, DR és PPY szempontok elemzésekor arra a következtetésre jutottunk, hogy a diákok előzetes programozási tapasztalata jelentősen befolyásolhatja mindkét képesség fejlődését (RQ₂). Ennek értelmében, minél több programozás specifikus elemet csempészünk a mindennapok oktatási rendszerébe, annál valószínűbb ennek a két képességnek a fejlődése.

A CS₁ pontszámok elemzésekor az is kiderült, hogy az első programozás képzésen elért teljesítmény mindhárom tényezővel való összehasonlítás (CT, DR, PPY) esetén szignifikáns (RQ₃). Ennek értelmében a diákok CT, DR képessége és előzetes programozási tapasztalata előre jelezheti a programozással kapcsolatos képzéseken való előrehaladást. Ez a szempont számunkra nagyon fontos értéket képvisel, hiszen ennek tudatában azt mondhatjuk, hogy diákok minél magasabb CT és DR tudással érkeznek az egyetemre, annál jobban tudnak teljesíteni az egyetemi képzéseken. Éppen ezért elengedhetetlen ezeknek a képességeknek már a középiskolában teret biztosítani a fejlődésre.

Az érettségi eredmények összesítése során azt tapasztaltuk, hogy egyik tantárgy sem járul hozzá jelentősen a számítógépes gondolkodás fejlődéséhez (RQ₄). Ennek alapján azt mondhatjuk, hogy bár a középiskolai tanulmányok során jelentős fejlődésen kellene átmenjen a CT és DR képesség, az oktatási rendszer csak minimálisan járul

hozzá ezek kibontakozásához. Véleményünk szerint ez javítható olyan módszerek által, amelyek felkeltik a diákok érdeklődését és fenntartják a motivációt úgy, hogy közben a diákok CT és DR képessége is fejlődni tud.

A fenti következtetések alapján azt mondhatjuk, hogy részlegesen sikerült igazolni első tézisünket (T_1), miszerint a DR és CT képességek kapcsolatban állnak egymással és a DR látens módon hozzájárul a CT fejlődéséhez. Ennek igazolása mellett a kutatás arra is rávilágított, hogy az oktatási tananyagban számos hiányosság lelhető fel, mely főként annak tulajdonítható, hogy a középiskolai tantárgyak nem oly módon vannak a diákok számára bemutatva, hogy az kellőképpen fejlessze ezeket a képességeket.

Ezek az eredmények motiváltak abban, hogy a továbbiakban olyan módszerek kidolgozásával foglalkozzunk, amelyek hozzájárulnak ehhez a fejlődéshez, sőt érdekes, szokásostól eltérő módon segítsenek az informatikai fogalmak elsajátításában.

4.2 Drámapedagógiai elemek az oktatásban

A második fő kutatási témánk középpontjában a vizualizációkban rejlő potenciál volt, amely főként az első kutatás eredményei alapján megfogalmazott hiányosságokat próbálja kiküszöbölni. Amint az kiderült, a DR közvetlen vagy közvetett módon, de beépül a különféle középiskolai tantárgyakba. A szemléltetés nagyon sok esetben történik ábrák, rajzok, diagramok által, amely jelentősen javítja és gyorsítja a megértést. Erre alapozva, olyan vizualizációkat próbáltunk keresni, amelyek mindenki számára érthetőek, szakterülettől és kortól függetlenül emészthetők, emellett pedig különleges módon tárják a néző elé a különféle informatikai tartalmakat. Az ehhez hasonló vizualizációk képezhetnék a DR egy újabb szintjét, mely segít a CT képesség fejlődésében is.

A táncsal szemléltetett algoritmus stratégiák egy jellegzetes kategóriáját képezik ezeknek a vizualizációknak. Az előzetes szakirodalmi kutatások során bebizonyosodott, hogy nagy népszerűségnek örvendenek ezek a szemléltetések. Ennek a kutatásnak a kezdetekor 10 tánccoreográfia algoritmus videója volt elérhető az AlgoRythmics Youtube csatornán, melyek különféle rendező és kereső stratégiákat

szemléltettek. Lévén egy tartalmas repertoárról szó, a videókról szóló vélemények és visszajelzések természetesen megoszlanak.

Ebben a részben a táncparketről a színpadra való áttérés mögött rejlő motivációt és kivitelezést szeretném bemutatni három fő egységre bontva. Elsőként a publikusan elérhető tánckoreográfia algoritmusokra érkező visszajelzések alapján megfogalmazott következtetéseket fogom röviden bemutatni, amelyek megerősítettek abban, hogy milyen irányt célozzunk meg a jövőbeli videók elkészítésekor. Ezt követi a színpadra való áttérés és színészi játékkal bemutatott algoritmus stratégiák kidolgozásának részletes szemléltetése. Végül pedig az ehhez kapcsolódó kutatást szeretném bemutatni, amely összehasonlítja a három típusú AlgoRhythmics vizualizációt: a táncot, animációt és színészi játékot.

4.2.1 Az AlgoRhythmics tánckoreográfia videók sikerességének vizsgálata

A közzétett tánckoreográfia videók sikerességét a YouTube közösségi platformra érkező hozzászólások alapos vizsgálata alapján szeretnénk volna felmérni az úgynevezett hozzászólás gyakoriság közösségi médiaelemzési módszer alapján (Comment Term Frequency Comparison – CTFC). Az ehhez kapcsolódó kutatási eredményeinket az Acta Sapientiae Informatica folyóiratban is közzétettük [23]. Ennek a módszernek a segítségével rálátást szeretnénk volna nyerni a múltban közzétett AlgoRhythmics videók népszerűségére, az aktív nézők által megfogalmazott javaslatokra, fókuszálva a pozitív és negatív kritikákra egyaránt, annak érdekében, hogy újabb vizualizációk elkészítését tudjuk megvalósítani.

A mérés idejekor a YouTube csatorna széleskörben elterjedt volt a világ minden részén. Összesen 7,714,576 nézettséggel, 93,482 kedveléssel és 5,314 hozzászólással rendelkezett az első videó közzététele óta. A nézők visszajelzéseinek részletes elemzéséhez a CTFC módszert alkalmaztuk.

Comment Term Frequency Comparison módszer – CTFC

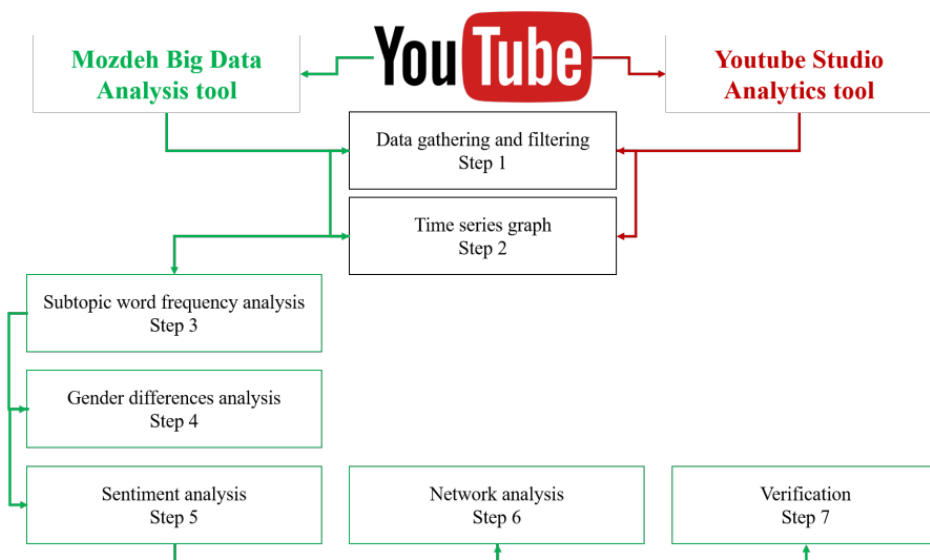
Az elmúlt évtizedben a közösségi médiából származó vélemények bányászása és a nyilvános felületeken közzétett vélemények megismerése szokásos gyakorlattá vált

több területen is, köztük az akadémiai szférában is. Ezek részletes elemzésére egyik kiváló lehetőség a Comment Term Frequency Comparison (CTFC) közösségi média-elemzési módszer használata, amely a YouTube kommentek vizsgálatára tökéletesen megfelel. Az AlgoRythmics YouTube csatornára érkező visszajelzések elemzésére ezt a módszert alkalmaztuk, amelynek 6+2 fő elemzési lépését tartottuk számon. Ezek a lépések a következők voltak:

- (1) *adatgyűjtés és szűrés*, amely a következő fázisokat foglalja magába: téma meghatározása és körülhatárolása; kezdetleges altémához tartozó lekérdezési készlet generálása; lekérdezés tesztelése és finomítása; videólista generálása; videólista ellenőrzése; kommentek letöltése; duplikált hozzászólások eltávolítása; hozzászólások előfeldolgozása; nyelvi szűrés.
- (2) *idővonal grafikon*, amely a hozzászólások közzétételének időpontját tartja számon.
- (3) *„altéma szógyakorisági elemzése”*, amely során az egyes altémákra jellemző kérdések kerülnek azonosításra.
- (4) *nemi különbségek elemzése*, amely a nemspecifikus tartalmakra vonatkozó szempontokat keresi.
- (5) *érzelmi elemzés (sentiment analysis)*, amely az erős pozitív vagy negatív érzelmekre utaló kommentek szógyakoriságának összehasonlításán alapszik.
- (6) *átfogó hálózat generálása*, ahol a csúcsok az altémákat, az élek pedig az altémák közötti hasonlóságokat jelképezik (az adott kommentekben szereplő hasonló szavak alapján mérve).

A javasolt módszer [136] két kiegészítő lépést is tartalmaz: *pilot tesztelés* (0. lépés) és az *eredmények ellenőrzése* (7. lépés). A pilot tesztelés szerepe a téves információk valószínű forrásainak azonosítása. A 7. lépés pedig a releváns kifejezéseket tartalmazó kommentek átolvasását foglalja magában. Az ellenőrzési fázis szerepe az, hogy elkerülje az esetleges hibákat, amelyet a spam vagy a témától eltérő hozzászólások okozhatnak.

A hozzászólások feldolgozásához két eszközt is használtunk: a beépített YouTube Studio felületén elérhető elemzési eszközöket, valamint a Mozdeh Big Data elemzési alkalmazást, melyet a CTFC módszer kitalálói javasoltak. A YouTube csatorna elemzéséhez a fent szemléltetett lépések közül az 1–7 lépéseket tartottuk szem előtt. Jelen kutatás esetén a 0. lépésnek nem volt relevanciája, míg a 7. lépést csupán arra használtuk, hogy erősítsük az előző lépések során elért eredményeinket. Az elemzés részletes menetét a 13. ábra mutatja.



13. ábra: Az CTFC módszer lépéseinek menete

A kutatás menete és eszközei

Az elemzés során a korábban említett 10 tánckoreográfia algoritmusra (7 rendező és 3 kereső) érkező felhasználói visszajelzéseket vizsgáltuk, amelyeknek nevét, elérését és megjelenésének idejét a 4. táblázat szemlélteti.

Algoritmus neve	YouTube hivatkozás	Megjelenés ideje
Buborék rendezés	https://www.youtube.com/watch?v=lyZQPjUT5B4	2011.03.29.
Beszűrő rendezés	https://www.youtube.com/watch?v=ROalU379I3U	2011.03.29.
Kiválasztó rendezés	https://www.youtube.com/watch?v=Ns4TPTC8whw	2011.04.03.
Összefésülő rendezés	https://www.youtube.com/watch?v=XaqR3G_NVoo	2011.04. 24.
Gyorsrendezés	https://www.youtube.com/watch?v=ywWBy6J5gz8	2011.05.03.
Shell rendezés	https://www.youtube.com/watch?v=CmPA7zE8mx0	2011.04.03.
Kupacrendezés	https://www.youtube.com/watch?v=Xw2D9aJRBY4	2018.01.30.
Lineáris keresés	https://www.youtube.com/watch?v=-PuqKbu9K3U	2018.01.30.
Bináris keresés	https://www.youtube.com/watch?v=iP897Z5Nerk	2018.01.30.
N Királynő probléma	https://www.youtube.com/watch?v=R8bM6pxlrLY	2018.01.30.

4. táblázat: AlgoRhythmics tánckoreográfia videók

Mivel a felhasználók többsége angol nyelven fogalmazta meg észrevételeit, a hozzászólások elemzéséhez ezt a nyelvet választottuk. A következtetések is ehhez mérten lettek megfogalmazva. Mivel a YouTube Studio elemzési felülete számos lehetőséget biztosít a csatorna forgalmának részletes kimutatására, amint azt a 13. ábra is szemlélteti, a módszer első két lépését (adatgyűjtés és idővonal grafikon) ezen keresztül valósítottuk meg. Bár a YouTube Studio nagyon sok szempont szerint képes kimutatni a felhasználói forgalmat és aktivitást, sőt még diagramokkal való ábrázolásra is lehetőséget ad, ez utóbbit csupán bizonyos szempontok szerint tudja szemléltetni (például, hozzászólások száma, algoritmusok típusa, közzététel ideje). Annak érdekében, hogy egy sokkal részletesebb és pontosabb rálátást kapjunk a következő lépések esetén a Mozdeh Big Data elemzési szoftvert használtuk, amely kiegészítette a YouTube Studio nyújtotta lehetőségeket.

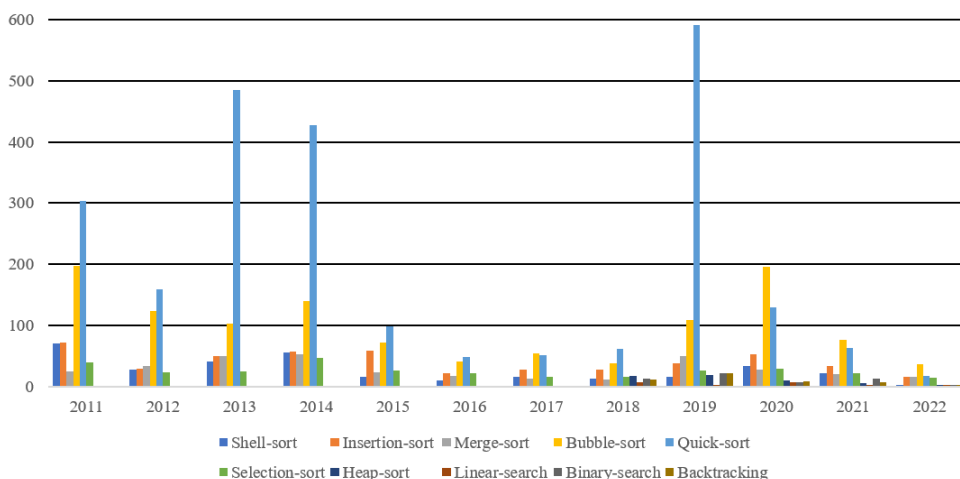
A következőkben ezzel kapcsolatosan néhány fontosabb következtetést szeretnénk megemlíteni.

Következtetések

A felhasználói aktivitás alapos vizsgálata több érdekes szempontra rávilágított. Az angol hozzászólások alapján és a szükséges szűrések, duplikációk törlését követően összesen 1 922 hozzászólást dolgoztunk fel (1. lépés). A felhasználók korát tekintve, bebizonyosodott, hogy javarészt a 18–34 évesek képezik a csatorna célközönségét.

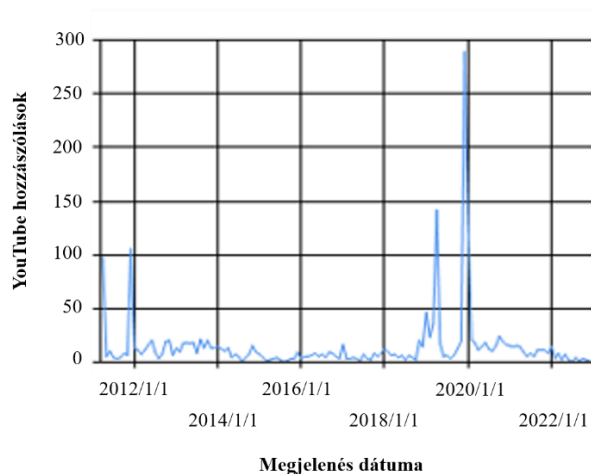
Ez a jelenség okot ad arra, hogy a közzétett módszerek illeszkedjenek megfelelő módon az aktuális oktatási stratégiákra, hiszen a felhasználói közösség legnagyobb részét diákok képezik.

Az is kiderült, hogy a legnépszerűbb algoritmusok közé a gyorsrendezés és a buborékrende-
zés tartozik (14. ábra). Igen érdekes ez a két algoritmus, hiszen az egyik a rendező algoritmusok egyik legegyszerűbb típusát mutatja be, míg a másik az egyik legkomplexe-
bbet. A két algoritmus minden bizonnyal azért örvend ekkora népszerű-
ségnek, mivel a romániai középiskolai informatikaoktatás alapvető algoritmusai közé tartoznak amelyeket minden tagozatos iskolában tanítanak.



14. ábra: Hozzászólások száma algoritmusok és évek szerinti bontásban

Továbbá, a csatorna aktivitását tekintve a legsikeresebbnek a 2019-es év tekinthető (2. lépés), amely során összesen 893 hozzászólás érkezett (15. ábra).



15. ábra: YouTube csatorna forgalma

A hozzászólások arra is rávilágítottak, hogy melyek a leggyakrabban előforduló szavak egy bizonyos kategóriára vonatkozóan (3. lépés). Ezeket két különböző szempont szerint vizsgáltuk: informális, illetve formális alkategória. Az informális oktatási környezettel leginkább a vizsgákra való készülést tudtuk asszociálni, ezért az ehhez kapcsolódó hozzászólásokat az *exam* és *test* szavak segítségével szűrtük, és az 5. táblázatban szereplő szavakat kaptuk statisztikai szignifikancia szerinti csökkenő sorrendben (χ^2 teszt; Benjamin-Hochberg szignifikancia, $\alpha=0,001$).

Szó	χ^2
exam	1557,3
test	266,6
tomorrow	155,9
structure	130,5
brain	102,7
data	100,6
my	96,9
studying	92,6
during	61,1
cell	52,4

5. táblázat: Informális oktatással kapcsolatos szavak

A formális oktatói közegre is kiemelten figyeltünk. Ennek kapcsán a következő kulcsszavakra szűrtünk: *class, lecture, teacher, professor, college, university, course*. A keresést követően a 6. táblázatban szereplő szavak kerültek előtérbe, hasonlóképpen statisztikai szignifikancia szerinti csökkenő sorrendben.

Szó	χ^2
teacher	587,5
class	365,3
professor	242,9
course	218,5
university	194,2
my	136,6
college	121,4
us	106,1
link	102,6
lecture	97,3
sent	46,7
our	46,1
wish	32,2
in	30,1
student	26,9

6. táblázat: Formális oktatással kapcsolatos szóalakok

Ezek a szavak hangsúlyozzák azt a tényt, hogy a csatornán megtalálható algoritmusok valóban szerves részét képezik az oktatási tananyagnak és a diákok előszeretettel és rendszeresen keresnek rá ezekre. Ugyanakkor fontos megemlíteni, hogy a nézők nagyra értékelik a videók kreatív és motiváló jellegét is, sokszor azt a vágyat is kihangsúlyozva, hogy milyen jó lett volna, ha a középiskolai oktató is hasonló módszereket alkalmazott volna („*I wish my professor were this entertaining*”).

Természetesen a pozitív hozzászólások mellett, fellelhetők negatív töltetű visszajelzések is. Amikor a *confuse, confused, confusing, distracted, distracting, disturbed*,

disturbingly szóalakokra szűrtünk (7. lépés szellemében), számos olyan dologra let-
tünk figyelmesek, melyek kiemelik a videókban előforduló zavaró tényezők jelenlétét
mint például:

- „*That was fun to watch, but for educational purposes I think dancing people makes it much more confusing*”; „*Very entertaining. I must say I was a little distracted by the performance...*”
- „*I have to be serious, it confuses me more than it helps me*”; „*I can't understand, it's confusing*”; „*I'm even more confused*”
- „*Music is distracting on this one. Out of tune? Other than that, love it.*”
- „*I'm studying for a test, and this is somehow disturbingly helpful*”

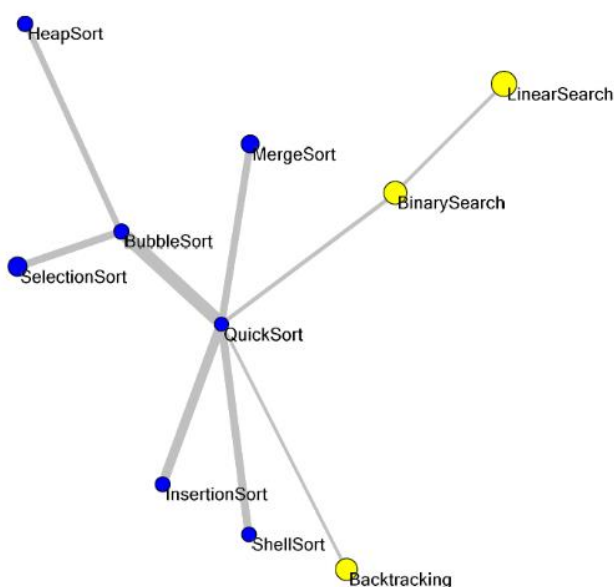
Ezek a visszajelzések is arra világítanak rá, hogy nagyon sok felhasználó szeretné használni ezeket a vizualizációkat vizsgákra való készülésre, de sok esetben zavaró-
nak találják a videóban szereplő dekoratív elemeket. Ennek alapján sokkal nagyobb
figyelmet kell fordítsunk a videók tisztaságára és arra, hogy azok a lehető legkeve-
sebb elterelő elemet tartalmazzanak, de közben őrizték meg különleges jellegüket.

Továbbá, az érzelmi elemzés során (5. lépés) is hasonló eredményekhez jutottunk. A
felhasználói visszajelzés igen megosztó. Bár a pozitív hozzászólások és pozitív töl-
tetű szavak felülkerekednek (pl. *awesome, pretty, wow, amazing, great*), akadnak ne-
gatív, kritikát kifejező szavak is (*stupid, hate, worst*). Ez utóbbi szavakat tartalmazó
hozzászólások átolvasása nagyon sokat segített abban, hogy feltérképezzük azokat a
helyeket, amelyek esetén fejlődésre vagy esetleges változtatásra van szükségünk.

Végül, de nem utolsó sorban, a nemek szerinti eloszlás szerint hasonló következteté-
sekhez jutottunk (4. lépés). A férfiak és nők egyaránt használnak pozitív visszajel-
zésre utaló, kifejező szavakat mint például: *wow, original, glad, thank, helpful*.

A buborék- és gyorsrendezés népszerűségét az átfogó hálózat (gráf) is kellőképpen
kihangsúlyozza (6. lépés). A 16. ábrán a hasonló hozzászólásokra vonatkozó hálózat

Maximális Feszítőfája látható. Érzékelhető, hogy három algoritmus kivételével (buborékrende­zés, gyorsrende­zés és bináris keresés) minden csomópont levél. Az említett három csomópont fokszáma sorban a következő: 6, 3 és 2. Érdekes módon, ezek az algoritmusok számítanak az egyik leghíresebb rendező és kereső stratégiáknak a google keresés alapján. Ez arra enged következtetni, hogy újabb híres algoritmusok közzététele jelentősen megnövelné és felpozícionálná a csatorna forgalmát.



16. ábra: Videók átfogó hálózata

4.2.2 Áttérés a táncparkettről a színpadra

A fent részletezett kutatás megerősítette azt a tényt, hogy a videókkal kapcsolatos visszajelzések általánosságban véve több pozitív töltetű érzelmet tartalmaznak, mint negatívát. Ennek ellenére, a YouTube felhasználók sok konstruktív kritikát fogalmaztak meg a videókkal és az oktatóanyaggal kapcsolatban, amelyek alapján tudunk építkezni. Az egyik legfontosabb vélemény ezzel kapcsolatosan az lehet, hogy bár a tánc és a zene nagyon érdekes és szórakoztató elemek tudnak lenni, néha ezek zavaró tényezők lehetnek, főként oktatói anyagok esetén, és egy zavaros, nehezen követhető vizualizációt eredményezhetnek.

A vizualizációk hátrányainak kiküszöbölése érdekében úgy döntöttünk, hogy újabb algoritmus vizualizációkat hozunk létre, amelyeket kissé eltérő stílusban közelítünk meg: a táncparkettől a színpadra lépünk, amely arra utal, hogy a tánc helyett a színjátszást fogjuk fő megjelenítési formaként használni. Ennek értelmében, az emberi mozgás jelenléte továbbra is az algoritmus vizualizációjának egyik legfontosabb eleme marad a „társadalmi hovatartozás hatás” (social belonging effect) megőrzése érdekében. Ezúttal azonban a díszítő elemeket tartalmazó tánc helyét a leegyszerűsített emberi mozgás veszi át.

Az eddigi tánckoreográfia algoritmusok megalkotása során számos együttműködési lehetőségre tettünk szert mint például néptánc, balett és flamenco táncosokkal is folytattunk együttműködést. Az új vizualizációk kapcsán úgy döntöttünk, hogy a Marosvásárhelyi Művészeti Egyetem színész tagozatának hallgatóival és oktatójukkal kezdeményezünk együttműködést.

4.2.3 Színészi játékkal szemléltetett algoritmusvizualizációk

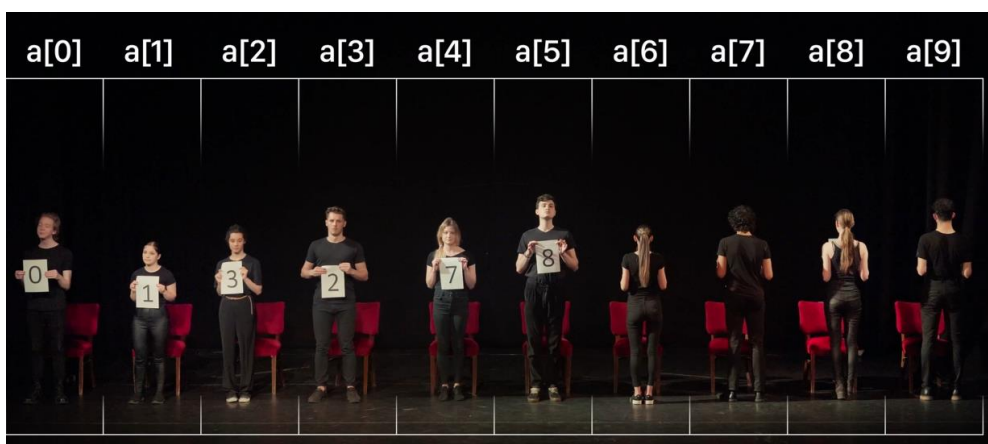
Az új szemléltetés során két fő szempont képezte a vizualizációk alapját: az algoritmus stratégia típusa és a megjelenítés. Az algoritmusok típusa szerint két nagy kategóriát különítettünk el:

- Rendező algoritmusok: amely kapcsán két (beszűrő és shell rendezés), korábban már tánckoreográfiával szemléltetett algoritmus színészi játékkal való bemutatását tűztük ki célul.
- Programozási stratégiák: mely esetén a mohó és dinamikus programozási stratégiákat szerettük volna színpadra vinni.

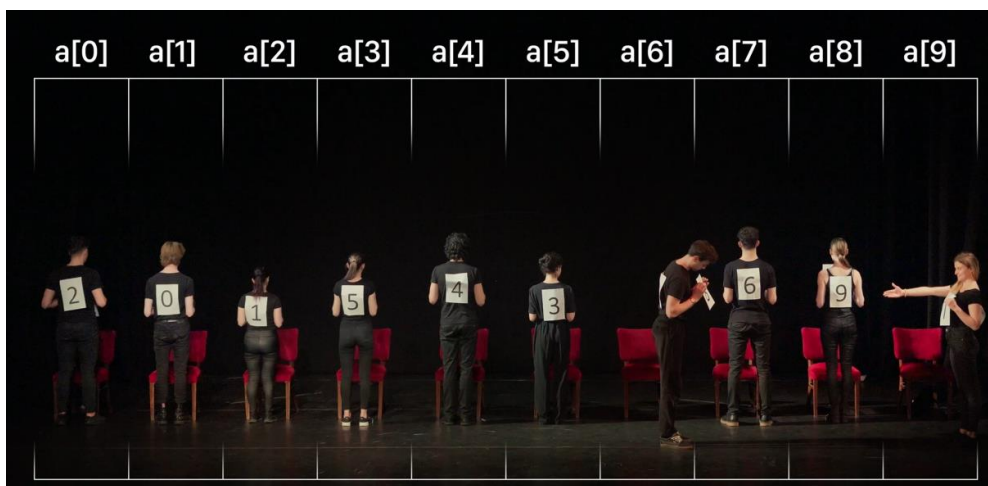
Rendező algoritmusok színészi játékkal való bemutatása

A rendező algoritmusok kiválasztásakor fontos szempont volt, hogy olyan stratégiákat válasszunk melyek táncsal szemléltetett vizualizációja is elérhető. A beszűrő rendezés algoritmusát annak egyszerűsége és könnyen követhetősége miatt választottuk, a shell algoritmust pedig arra való tekintettel, hogy a beszűrő rendezés egy továbbfejlesztett változatának is mondható.

A két vizualizáció megtervezése során igyekeztünk arra fókuszálni, hogy a tánc és színészi játék között ne legyen különbség (algoritmikai szempontból). A színész hallgatók feladata az volt, hogy leegyszerűsítsék és színészi játékkal ruházzák fel az egyébként dekoratív elemeket tartalmazó tánc-koreográfia algoritmust. A beszűrő (17. ábra) és shell (18. ábra) rendezésre vonatkozó videókat a Marosvásárhelyi Művészegyetes előadótermében filmeztük le, ahol a terem atmoszférája és a színészek egy-egy öltözete is elősegítette a produkció tisztaságát és egyszerűségét.



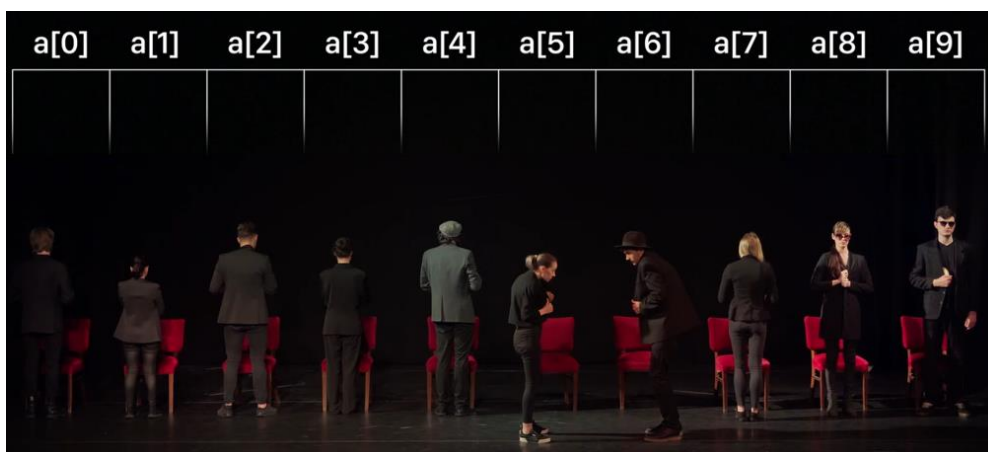
17. ábra: Beszűrő rendezés színészi játékkal való szemléltetése



18. ábra: Shell rendezés színészi játékkal való szemléltetése

Eddigi kutatásaink során gyakran tapasztaltuk azt a jelenséget, hogy a diákok sokszor nem tudnak kellőképpen azonosulni a „vak számítógéppel” és hajlamosak egy-egy algoritmus specifikus műveletet kihagyni. Annak érdekében, hogy elrejtjük a nézők elől az algoritmusban szereplő számértékeket, elkészítettük a fent említett két rendező algoritmus rejtett számsorozaton való szemléltetését is (19. ábra).

Ezt úgy valósítottuk meg mindkét algoritmus esetén, hogy a színészek az algoritmus stratégia kezdetén felvették zakójukat és annak segítségével elrejtették a kezükben található számértékeket. A számértékek mint úgynevezett zsetonok fokozták a színjátszás hangulatát, elősegítve a produkció sejtelmességét.



19. ábra: Beszűrő rendezés – rejtett számsorozaton

Ebben a kutatásban három típusú algoritmusvizualizációt szerettünk volna összehasonlítani: a tánccal, animációval és színészi játékkal megvalósított szemléltetést. Ehhez a színészi játékkal szemléltetett vizualizációk közül csak a rendezési algoritmusok videója volt szükséges. A programozási technikákra vonatkozó szemléltetés kivitelezése a 4.3 fejezetben kerül részletezésre.

4.2.4 Kutatási kérdések

Az előzetes szakirodalmi kutatások és a YouTube csatornára érkező visszajelzések rámutattak arra, hogy az emberi mozgással szemléltetett vizualizációk nagyon érdekesek és különlegesek, amelyet a diákok előszeretettel használnak például vizsgákra

való felkészüléskor. Azt is kiderült azonban, hogy a táncban rejlő dekoratív elemek (például, zene, táncosok mozgása) figyelemelterelő lehet és zavarhatja az algoritmus-stratégiában való elmélyülést. Ennek a kutatásnak a segítségével a három algoritmus-vizualizáció nyújtotta hozadékot szeretnénk volna felmérni, illetve azt, hogy képes-e a színészi játékkal szemléltetett vizualizáció felülkerekedni az animációhoz és a tánc-hoz képest.

Ezek alapján a következő kutatási kérdéseket fogalmaztuk meg:

RQ₁: Hatékonyabb-e a színészi játékkal szemléltetett vizualizáció, mint az animáció-val és a táncsal való szemléltetés?

RQ₂: Milyen mértékben befolyásolja a diákok előzetes programozási tapasztalata az eredményeket?

RQ₃: Van-e különbség a különböző algoritmusokon elért pontszámok között?

RQ₄: Van-e különbség az algoritmusok alapértelmezett műveletein és a bonyolult-sági kérdéseken elért teljesítmény között?

RQ₅: Élvezhetőbb, érthetőbb és motiválóbb-e a színészi játékkal szemléltetett vizua-lizáció?

4.2.5 Módszertan

Résztvevők

A kutatás megvalósítására a Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetemen került sor az egyetemi tanév első félévét megelőző regisztrációs héten. Összesen 230 első-éves egyetemi hallgató vett részt kísérleten, amelyek közül 227 résztvevő (30% nő, 70% férfi) válaszait tudtuk feldolgozni (3 résztvevő nem töltötte ki helyesen a kitűzött tesztek valamelyikét).

A diákok a következő egyetemi szakokról voltak jelen: Informatika (22%), Számítás-technika (11%), Automatika és alkalmazott informatika (11%), Mechatronika (8%), Infokommunikációs rendszerek (3%), Gépészmérnöki (7%), Kommunikáció és köz-kapcsolatok (11%), Kertészmérnöki (6%), Tájépítészet (12%), Fordító és tolmács (8%), Közegészségügy (2%). Az egyetemi szak mellett, a változatossághoz a részt-

vevők középiskolai tanulmányainak eltérő jellege is hozzájárult, mely jelentősen befolyásolta a résztvevők előzetes programozási tapasztalatát. Ennek alapján három előzetes programozási tapasztalat (PPY) szerinti csoportok határoztunk meg: kezdők – 42% (PPY₀: nem tanultak programozást középiskolás éveik során) –, középhaladók – 21% (PPY₁: 1–2 évet tanultak programozást középiskolás éveik során) – és haladók – 37% (PPY₂: 3–4 évet tanultak programozást középiskolában).

A kutatás menete

A kutatás egy három fázisból álló kísérletet foglalt magába: egy előtesztet, a kísérleti fázist és egy utótesztet. Az előtesztet a résztvevőknek egy nappal a kísérlet előtt (hétfőn), online kellett kitölteniük, amely a középiskolai tanulmányokra és az előzetes programozási tapasztalatra fókuszált. Az előteszt alapján három, előzetes programozási tapasztalat szerint egyenletes eloszlású ($p=0,89>0,05$, H_0 hipotézis elfogadása) csoportba osztottuk a résztvevőket. A kísérleti fázis és az ehhez tartozó utótesztet az előtesztet követő napon (kedden) került megvalósításra az egyetem három különböző előadótermében, ahol a résztvevők az előteszt alapján meghatározott három csoportban párhuzamosan szemléltették meg két rendező algoritmus vizualizációját: animáció (A: 75 résztvevő), tánc (T: 76 résztvevő) és színészi játék (SZ: 76 résztvevő). A mérés másfél órát tartott.

A kiválasztott két rendezési algoritmus a beszűrő és a shell rendezés voltak. A kísérleti fázis és az utóteszt kérdései egymást váltották. Először a beszűrő rendezéssel kapcsolatos tudnivalók kerültek szemléltetésre az adott vizualizáció segítségével, majd a hozzá tartozó kérdéssort kellett megválaszolni. A második lépésben pedig a shell rendezés tanulási fázisa következett és a hozzá tartozó kérdéssor megválaszolása. A kísérleti fázis során előre elkészített videók által volt szemléltetve a tananyag, annak érdekében, hogy mindhárom teremben egységesen ugyanaz az ismeret kerüljön átadásra. A kutatás menetének részletes felépítését a 7. táblázat szemlélteti az említett három vizualizációs csoportra bontva.

Animáció csoport	Színészi játék csoport	Tánc csoport
Bevezető videó (három vizualizáció szemléltetése) és beszúró rendezés felvezetése		
Beszúró rendezés animációval való megtekintése 2X	Beszúró rendezés színészi játékkal való megtekintése 2X	Beszúró rendezés táncsal való megtekintése 2X
Beszúró rendezéssel kapcsolatos kérdések megválaszolása		
Shell rendezés felvezetése		
Shell rendezés animációval való megtekintése 2X	Shell rendezés színészi játékkal való megtekintése 2X	Shell rendezés táncsal való megtekintése 2X
Shell rendezéssel kapcsolatos kérdések megválaszolása		
Shell rendezéshez kapcsolódó kiegészítés (segítség)		
Befejezés		

7. táblázat: A kutatás menetének részletes lépései

A kutatás eszközei

A kutatás eszközeinek legfontosabb alkotóelemei az előre elkészített videók voltak. Ezeknek két nagy kategóriáját különböztettük meg: narráció jellegű videók, amelyek a tanári magyarázatot és jelenléte (blended learning) biztosította és algoritmus stratégiát szemléltető videók (a beszúró és shell rendezések három típusú vizualizációja).

Narráció jellegű videók

A tanulási fázishoz tartozó narráció videókon elsőként a három típusú algoritmusvizualizáció (animáció, színészi játék, tánc) került bemutatásra annak érdekében, hogy mindenki legyen tudatában annak, hogy mi a három módszer, amelyen keresztül a felmérést végezzük.

Te melyiket választanád?



20. ábra: A három vizualizáció ismertetése

Ezt követően az előre elkészített videókon én szemléltettem a kutatás fontosabb tudnivalóit, majd az adott algoritmus stratégia főbb jellemzőit.



21. ábra: Narráció jellegű videók

A narráció videók keretén belül minden algoritmus stratégia szemléltetése előtt bemutatásra kerültek az utóteszt kérdései. Ennek célja az volt, hogy a résztvevők előre tudják és készüljenek fel azokra a szempontokra, amelyeket a videók levetítését követően meg kellett válaszolniuk.

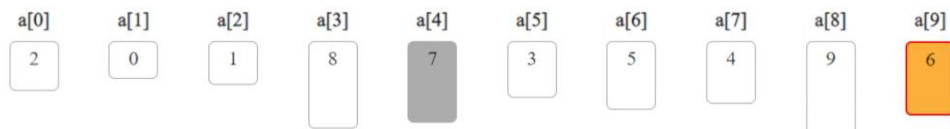
Adott a következő 7 elemű számsorozat:
1, 19, 7, 8, 12, 11, 9.

1. Melyik két szám kerül először **összehasonlításra**? Írd be a két számot egy szökőzzel elválasztva.
2. Melyik két szám kerül először **kicserélésre**? Írd be a két számot egy szökőzzel elválasztva.
3. Milyen művelet fog következni az 19-es és a 12-es számok összehasonlítása után?
4. Melyik két szám kerül **összehasonlításra** a 19-es és 11-es számok összehasonlítása után?
5. Melyik két szám kerül **összehasonlításra** a 11-es és 9-es számok összehasonlítása után?
6. Ha már **eredetileg szigorúan növekvő** sorrendben van egy 7 elemű számsorozat, hány **összehasonlításra** kerül sor abban az esetben, ha a számsorozatot növekvő sorrendbe rendezzük?
7. Ha már **eredetileg szigorúan növekvő** sorrendben van egy 7 elemű számsorozat, hány **cserére** kerül sor abban az esetben, ha a számsorozatot növekvő sorrendbe rendezzük?
8. Ha már **eredetileg szigorúan csökkenő** sorrendben van egy 7 elemű számsorozat, hány **összehasonlításra** kerül sor abban az esetben, ha a számsorozatot növekvő sorrendbe rendezzük?
9. Ha már **eredetileg szigorúan csökkenő** sorrendben van egy 7 elemű számsorozat, hány **cserére** kerül sor abban az esetben, ha a számsorozatot növekvő sorrendbe rendezzük?

22. ábra: Beszűrő rendezésre vonatkozó kérdéssor

Algoritmus stratégiát szemléltető videók:

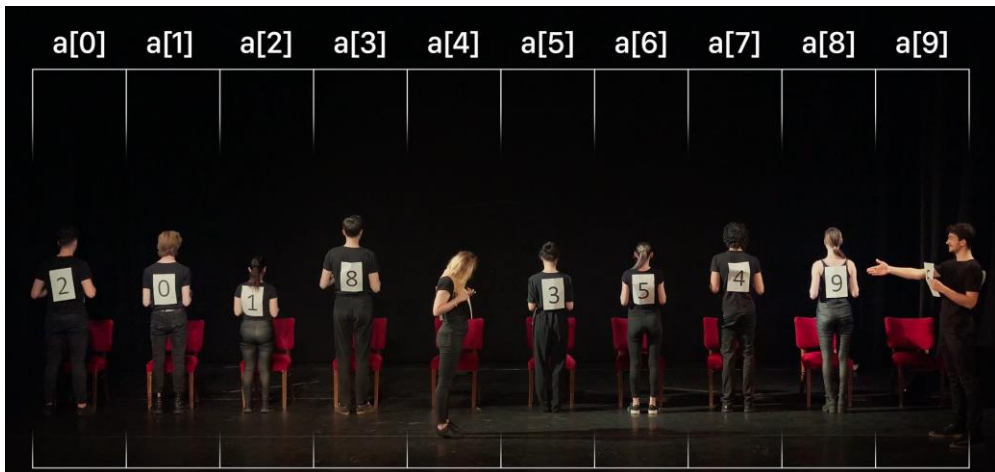
Az algoritmusok tekintetében két, jellegükénél fogva hasonló rendező algoritmus került szemléltetésre: a beszűrő rendezés és a shell rendezés. Lévén, hogy a résztvevők három külön csoportban kellett elsajátítsák ezeket a stratégiákat, három vizualizáció-típust készítettünk el: animációval, színészi játékkal és tánccal szemléltetett bemutatókat. A vizualizációk megalkotása során nagyon figyeltünk arra, hogy az algoritmus stratégiája teljes mértékben megegyezzen mindhárom vizualizáció esetén.



23. ábra: Shell rendezés animációval való szemléltetése



24. ábra: Shell rendezés tánccal való szemléltetése



25. ábra: Shell rendezés színészi játékkal való szemléltetése

Az említett vizualizációk felhasználásával főként arra a kérdésre szerettünk volna választ kapni, hogy milyen mértékben bizonyul hatékonynak és kedveltnek a színészekkel szemléltetett algoritmusvizualizáció az animáció és tánccal bemutatott reprezentációkhoz képest.

Az utóteszt 4 fázisból állt: bevezető (Q_{1-3}), beszűrő rendezés (Q_{4-12}), shell rendezés (Q_{13-21}) és összefoglaló kérdések (Q_{22-25}). Az összesen 25 kérdésből a résztvevők maximum 18 pontok tudtak összegyűjteni, melyet a két algoritmus specifikus kérdésekre

adott válaszok (Q_{4-12} és Q_{13-21}) határoztak meg. A méréshez tartozó utóteszt teljes kérdéssora a 8.3 mellékletben tekinthető meg.

Statisztikai módszerek

Az teljesítmények összehasonlításához ANOVA statisztikai módszert alkalmaztunk, míg a módszerek élményre, motivációra gyakorolt hatását 1-5 pontos Likert skála segítségével mértük fel.

Az ANOVA (Analysis of Variance, varianciaanalízis) egy statisztikai módszer, amelyet arra használnak, hogy több csoport átlaga között fennálló különbségek szignifikanciáját vizsgálják (4. képlet). Az ANOVA célja annak meghatározása, hogy a csoportok közötti különbségek valószínűleg a véletlen variációnak tudhatók-e be, vagy statisztikailag szignifikáns eltérésről van szó. Az ANOVA különösen akkor hasznos, amikor több mint két csoportot kell összehasonlítani, és azt vizsgáljuk, hogy van-e szignifikáns különbség a csoportok átlagai között. Ez számunkra igen hasznos volt, hiszen három kategória eredményeit szeretnénk volna feldolgozni. Az F-statisztika, amelyet az ANOVA használ, a csoportok közötti variancia és a csoportokon belüli variancia arányaként definiálható:

4. képlet: ANOVA módszer képlete

$$F = \frac{MST}{MSE}$$

Ahol:

- *MST* - (Mean Square Between Groups, vagy Treatment) a csoportok közötti variancia, mely úgy számítható ki, hogy a csoportok átlagai és az összes adat átlaga közötti eltéréseket négyzetre emeljük, majd összegezzük, és elosztjuk a csoportok számának eggyel csökkentett értékével.
- *MSE* - (Mean Square Error) a csoportokon belüli variancia vagy hiba variancia, melyet úgy számítanak ki, hogy a csoportokon belüli egyes megfigyelések és a csoportátlagok közötti eltéréseket négyzetre emelik, majd összegezik, és elosztják a szabadsági fokkal.

Továbbá, A Likert-skála egy gyakran használt pszichometriai eszköz, amelyet arra terveztek, hogy mérje a kutatásban résztvevők véleményét, attitűdjeit vagy viselkedését különböző állításokkal kapcsolatban. A skála a válaszadókat arra kéri, hogy egy adott állítással való egyetértésüket vagy egyet nem értésüket egy többfokozatú skálán fejezzék ki.

A Likert-skálán minden válaszhoz egy numerikus érték tartozik, amelyet összegezni vagy átlagolni lehet a végső értékelés érdekében. A felmérés során 1-5 pontos Likert skálát alkalmaztunk, mely a legelterjedtebb forma, ahol az alábbi értékek általában a következő jelentéseket hordozzák:

- (1) Teljesen egyáltalán nem értek egyet (nagyon negatív)
- (2) Nem értek egyet (negatív)
- (3) Semleges (nem értek egyet, de nem is támogatom)
- (4) Egyetértek (pozitív)
- (5) Teljesen egyetértek (nagyon pozitív)

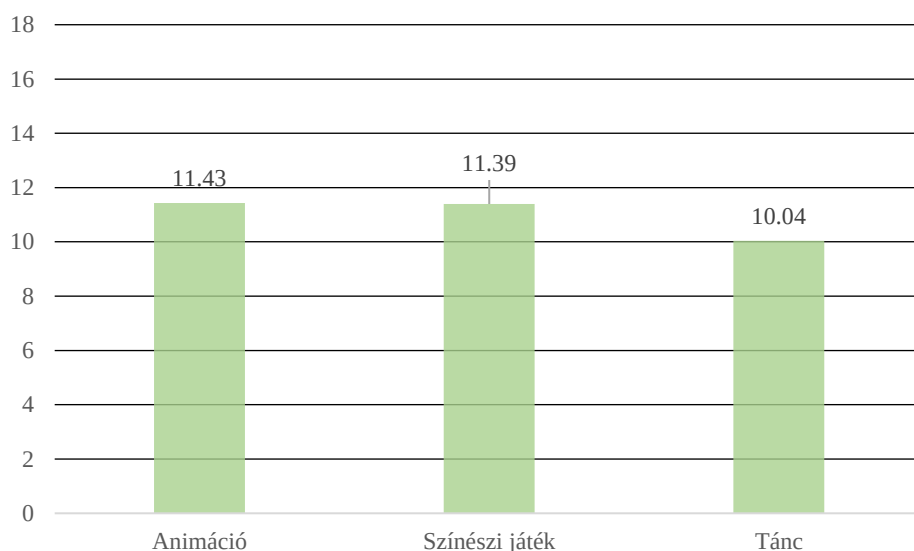
4.2.6 Eredmények

Az eredmények feldolgozásakor elsősorban a három vizualizáció közötti különbségekre kerestünk választ. Emellett, az előzetes programozási tapasztalat befolyására is fókuszáltunk. A kérdéseket több szempont szerint megvizsgáltuk mint például az algoritmusok típusa szerint, de az alap utasításokra, valamint a bonyolultsági kérdésekre vonatkozó jellegre is figyeltünk. Megvizsgáltuk továbbá, az utolsó három kérdésre adott válaszokat is, melyek főként a vizualizációk nyújtotta megértésre, figyelem fenntartására és élményre adtak rálátást.

A három vizualizáción (A, T, SZ) elért teljesítmény összehasonlítása

Elsőként a három csoport (A, T, SZ) által elért teljesítményt szeretnénk volna összehasonlítani. Az eredmények feldolgozásához egyszempontos varianciaanalízist (ANOVA) használtunk, amely során szignifikáns eltérést kaptunk ($F=3,57$,

$p=,02<,05$). Az átlagok (A: 11,42, SZ: 11,39, T: 10,04, 26. ábra) is rámutattak arra, hogy a táncsal szemléltetett vizualizáció alulmarad az animációval és színészi játékkal való szemléltetéshez képest. A páros t-próbák eredménye rávilágított arra is, hogy szignifikáns különbség van a tánc és animáció ($p=,02<,05$), valamint a tánc és színészi játék ($p=,01<,05$) csoportok eredményei közt.



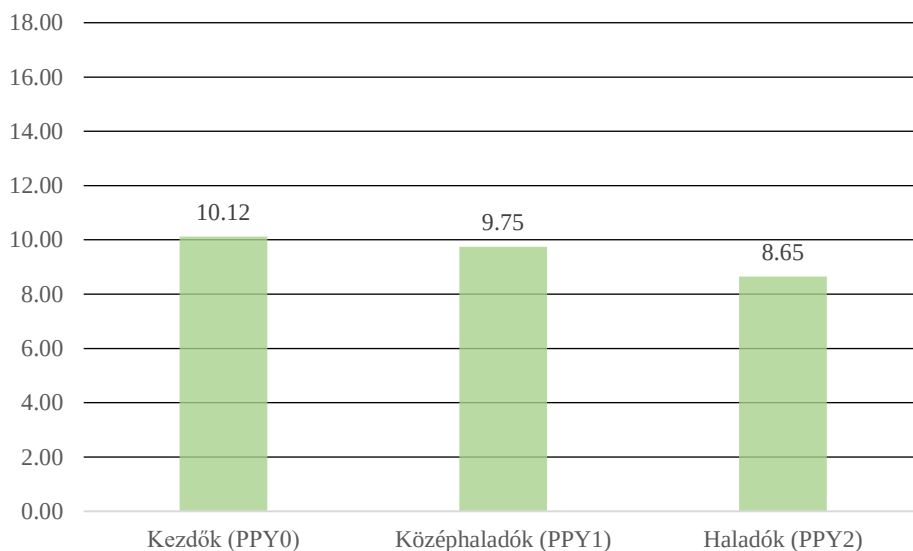
26. ábra: A három csoport átlaga

Bár a legjobban az animációval tanuló csoport diákjai teljesítettek, az animáció és színészi játékkal való szemléltetés között nem találtunk szignifikáns különbséget. A táncsal való szemléltetés minden bizonnyal az előzetes szakirodalmi kutatásokra alapozva a dekoratív elemek jelenléte miatt marad alul.

Az előzetes programozási tapasztalat (PPY) eredményekre gyakorolt hatása

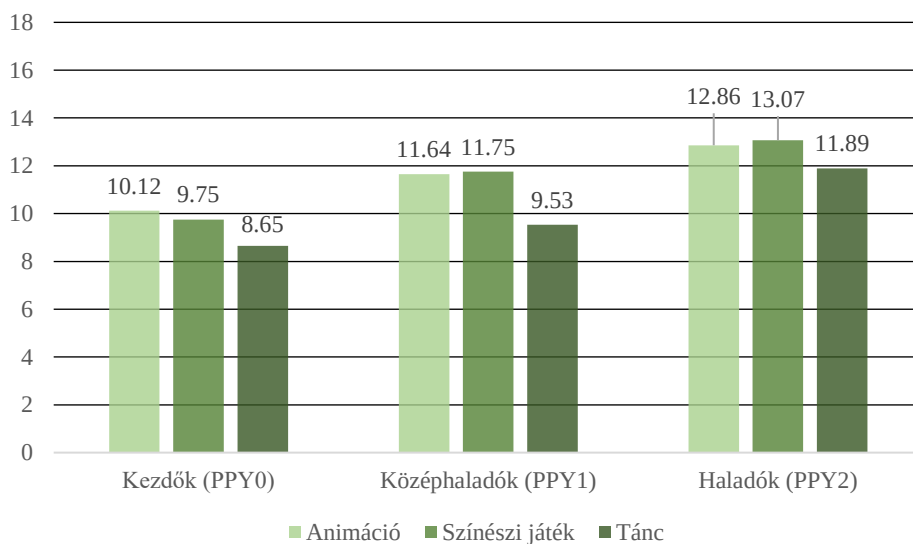
A következő lépésben kíváncsiak voltunk arra, hogy milyen mértékben befolyásolja az eredményeket az előzetes programozási tapasztalat, vagyis hogyan teljesítenek kezdők, középhaladók és haladók a három vizualizáció esetén. A kezdők, középhaladók és haladók csoporttól függetlenül való összteljesítménye alapján szignifikáns különbségekhez jutottunk ($F=18,06$, $p<,00001$). Ez az eredmény várható volt, ennek ellenére reméltük, hogy a színészi játék képes eltörölni a különböző tapasztalattal

rendelkezők közötti különbségeket és segít a kezdőknek a felzárkózásban. Az eredmények páronkénti összehasonlítása is szignifikáns különbségeket mutatott (PPY₀-PPY₁: $p=,04<,05$, PPY₀-PPY₂: $p<,000001$, PPY₁-PPY₂: $p=,01<,05$). A programozási tapasztalat szerinti átlagokat (PPY₀: 9,52, PPY₁: 10,91, PPY₂: 12,60) a 27. ábra szemlélteti, ahol a várt lineáris növekedés figyelhető meg.



27. ábra: Előzetes programozási tapasztalat szerinti átlagok

A külön csoportokon belüli összehasonlítás, előzetes programozási tapasztalat szerint nem adott lényeges eltéréseket egyik kategória (PP₀: $F=1,40$, $p=,25>,05$, PP₁: $F=2,39$, $p=,10>,05$, PP₂: $F=1,07$, $p=,34>,05$) esetén sem. Ennek alapján arra tudunk következtetni, hogy mindhárom vizualizáció egyenlő mértékben segíti a hallgatókat, amennyiben eredményeiket az előzetes programozási tapasztalat alapján mérjük. A diákok átlagát programozási tapasztalat és azon belül a vizualizáció típusa szerint a 28. ábra szemlélteti.



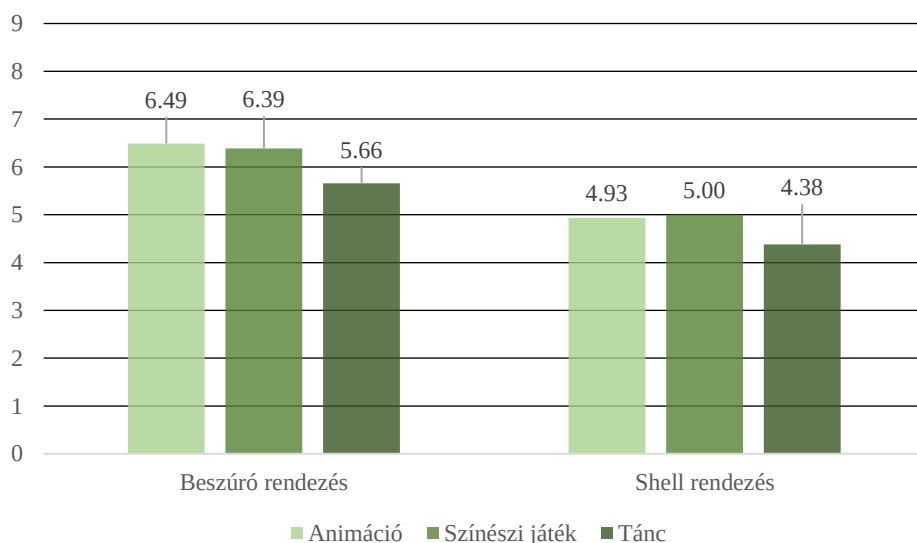
28. ábra: Előzetes programozási tapasztalat és vizualizáció szerinti átlagok

Érdekes az a megfigyelés, hogy bár kezdők esetén a színészi játék által szemléltetett vizualizáció alul marad az animációhoz képest, középhaladók és haladók esetén is első helyen van. Ez az eredmény arra biztat, hogy a színészi játék általi vizualizációk esetén talán még jobban összpontosítanunk kell arra, hogy a kezdők számára is a lehető legtisztább és egyszerűbb legyen az algoritmus.

Teljesítmény vizsgálata az algoritmusok típusa szerint

A következő vizsgálati szempont az algoritmusok típusa szerinti összehasonlítás volt. Ennek alapján arra kerestük a választ, hogyan teljesítenek a különböző vizualizációval tanuló csoportok a beszűrő és a shell rendezés esetén külön-külön. Egyszempontos varianciaanalízis alapján, míg a beszűrő rendezés kapcsán szignifikáns különbséget találtunk ($F=3,61$, $p=,02<,05$), a shell rendezés esetén nem volt lényeges eltérés ($F=2,04$, $p=,13>,05$). Az átlagokból kiderül (29. ábra), hogy a beszűrő rendezés esetén az animáció és a színészi játék is jobb eredményekhez vezet, mint a tánc. Szignifikáns különbség azonban csak a tánc és animáció közötti reprezentáció mutatott ($p=,03<,05$). A shell rendezés esetén bár nincsenek lényeges eltérések, érdekes az a

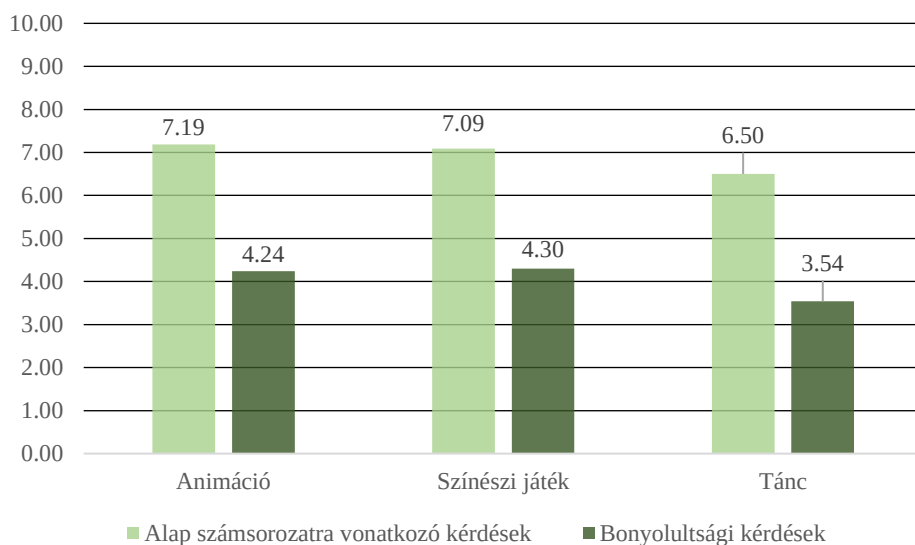
jelenség, hogy a színészi játékkal szemléltetett vizualizáció kerekedik felül. Ez megerősítette bennünk azt a tényt, hogy a színészi játékkal szemléltetett vizualizáció alkalmazható komplexebb algoritmusok esetén is.



29. ábra: Algoritmusokon való teljesítmény a vizualizáció típusa szerint

Kíváncsiak voltunk arra is, hogy a különböző algoritmus specifikus kérdések hogyan befolyásolják az eredmények alakulását. Ennek alapján külön megvizsgáltuk az alap számsorozatra (beszűrő: Q₄₋₈, shell: Q₁₃₋₁₇) és a bonyolultsági szempontokra (beszűrő: Q₉₋₁₂, shell: Q₁₈₋₂₁) vonatkozó kérdéseket is.

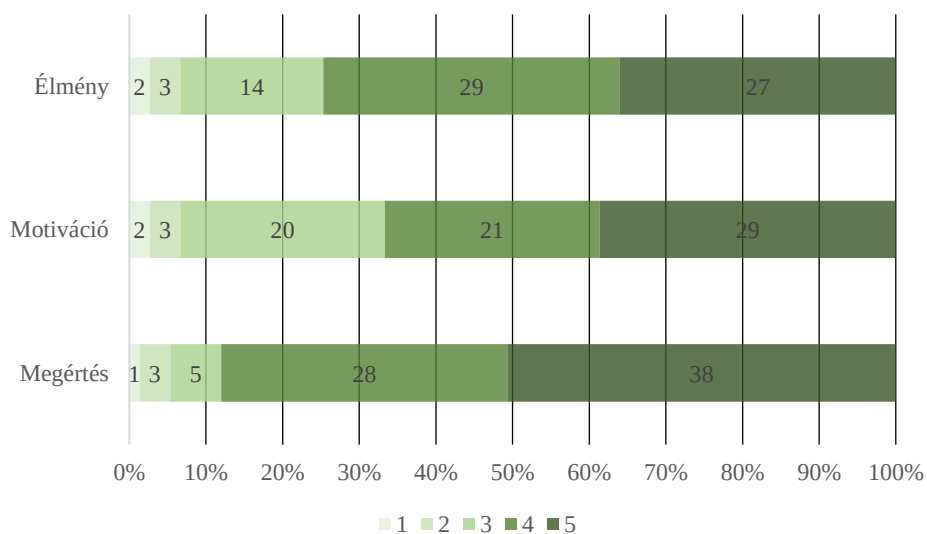
Várhatóan, a bonyolultsági kérdések tekintetében szignifikáns különbséghez jutottunk ($F=3,64$, $p=,02<,05$) lévén, hogy ezek a kérdések sokkal mélyebb megértést követelnek. Az alap számsorozatra vonatkozó kérdések esetén nem volt lényeges az eltérés ($F=2,21$, $p=,11>,05$). Az átlagok ismét arra engedtek következtetni (30. ábra), hogy a színészi játékkal szemléltetett vizualizáció képes helytállni bonyolultsági kérdések esetén is, ahol a táncot szignifikánsan felülmúlja ($p=,01<,05$), és az animációhoz képest is, bár nem lényegesen, de jobban teljesít ($p>,05$).



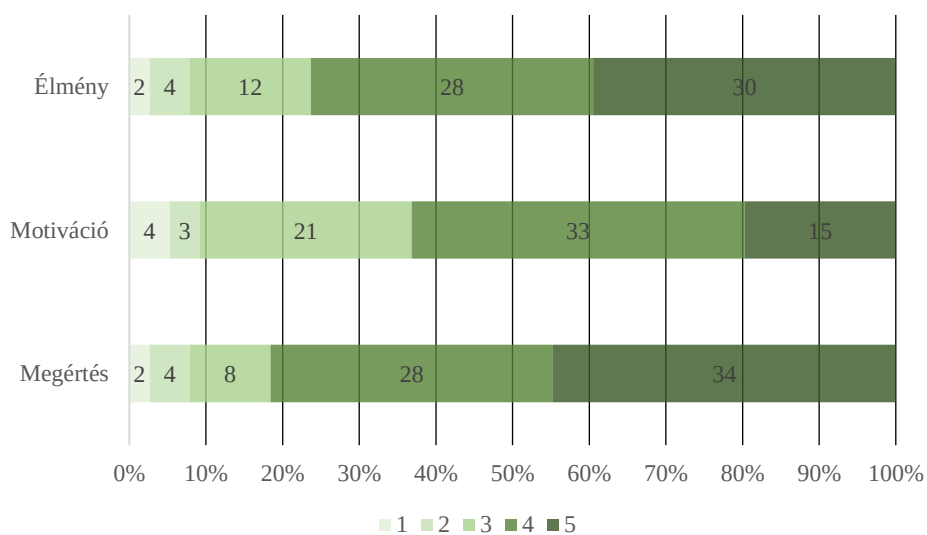
30. ábra: Algoritmus specifikus kérdések vizualizációk szerint

A vizualizációk nyújtotta élmény, megértés és motiváció mérése

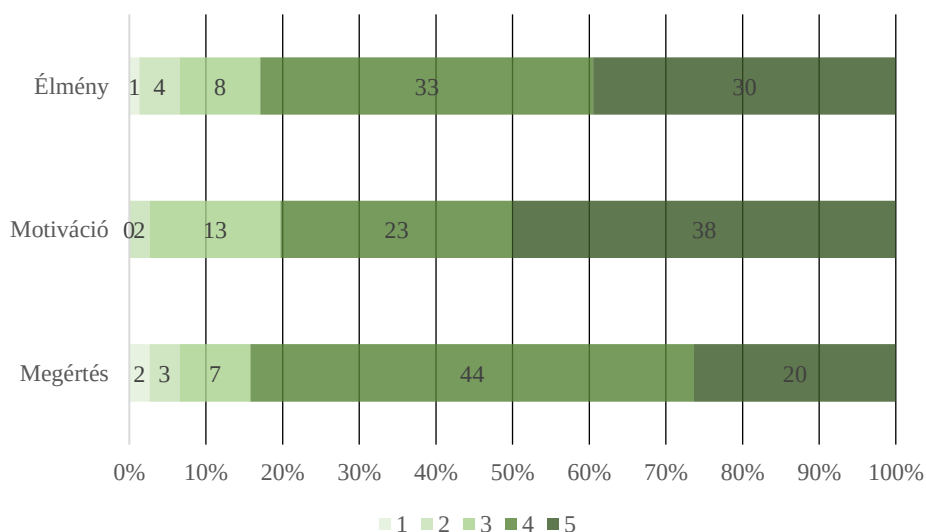
Az utolsó vizsgálati szempont szerint azt szerettük volna felmérni, hogy a diákok saját belátása szerint mennyire tartották az adott vizualizációt (amellyel tanultak) az élmény, megértés és motiváció szempontjából megfelelőnek. A résztvevőknek értékelniük kellett 1–5 Likert skálán a három szempont szerint azt a vizualizációt (animáció: 31. ábra, színészi játék: 32. ábra vagy tánc: 33. ábra), amellyel tanultak.



31. ábra: Animáció értékelése

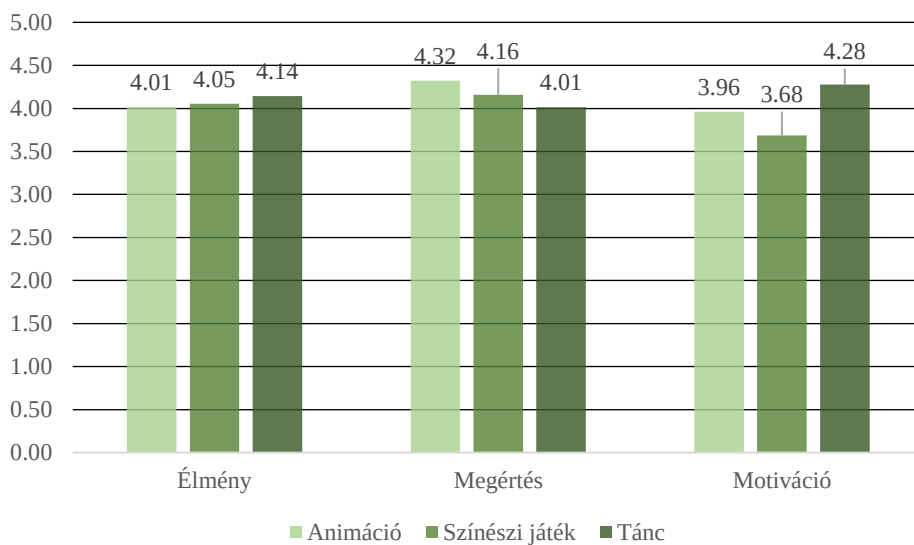


32. ábra: Színészi játék értékelése



33. ábra: Tánc értékelése

Az eredmények feldolgozását követően a megértés ($F=0,37$, $p=,69>,05$) és élmény ($F=2,12$, $p=,12>,05$) esetén nem jutottunk szignifikáns különbséghez. Ezzel szemben a motiváció vagy figyelem fenntartása szerinti szempont lényegesen eltérő különbséghez vezetett ($F=7,16$, $p=,0009<,05$), ezúttal a tánc javára. A tánc az animációhoz ($p=,04<,05$) és a színészi játékhoz ($p=,0001<,05$) képest is jobban le tudta kötni a diákok figyelmét, amely az átlagokat szemléltető ábrán is megmutatkozik. Ez az eredmény összhangban lehet az előzetes szakirodalmi kutatásokban megfogalmazott következtetésekkel, miszerint a tánc nagyon megkapó lehet és leköti a nézők figyelmét, de előfordulhat, hogy ez a benne rejlő dekoratív elemeknek köszönhető, amelyek bár rendkívül izgalmasnak tűnnek, az algoritmusban való elmélyülést nehezíthetik.



34. ábra: Élmény, megértés és motiváció mérése

4.2.7 Következtetések

Az AlgoRhythmic YouTube csatornára érkező hozzászólások rávilágítottak arra, hogy az emberi mozgás által szemléltetett algoritmusvizualizációk közkedveltnak számítanak, főként diákok körében. Ennek oka lehet a szemléltetésben rejlő „social belonging effect” jelenség, amely által a néző sokkal inkább magáénak érezheti az adott stratégia elsajátítását. Továbbá, arra a felhívták a figyelmet a csatorna felhasználói, hogy a vizualizációkban megjelenő tánc és zene sokszor elvonja a figyelmet az algoritmusról, és a művészi elemek bár nagyon élvezetes szemléltetést nyújt, háttérbe szorítják olykor a stratégia lényeges lépéseit. Ezek motiváltak abban, hogy nyissunk a reprezentáció tekintetében a színészi játékkal való bemutatás irányába, ezáltal egy tisztább emberi mozgást tartalmazó vizualizációt készítve.

A színészi játékkal szemléltetett vizualizációk kutatása összességében pozitív eredményekhez vezetett. Bár az animáció sok esetben még mindig jobb eredményekhez vezet, mely absztrakt, egyszerű jellegének is köszönhető, a színészi játékkal tanuló résztvevők eredménye szignifikánsan jobb volt, mint a táncos tanuló teljesítménye.

(RQ₁). Ez az eredmény arra utalhat, hogy a dekoratív elemek minimalizálása segítheti az algoritmus stratégiájában való elmélyülést.

Az előzetes programozási tapasztalat függvényében nem jutottunk számottevő eredményekhez. A kezdők, középhaladók és haladók közötti rés továbbra is megmaradt mindhárom vizualizáció esetén. Ennek alapján a színészi játék sem kielégítő ahhoz, hogy a kezdők kellőképpen felzárkózzanak a haladókhöz képest. A kezdők felzárkóztatása természetesen nehéz feladatnak bizonyul, éppen ezért fontos már a középiskolai évek során fejleszteni mindenkinek a számítógépes gondolkodás képességét, amelyre első kutatásunkban tértünk ki. Az előzetes programozási tapasztalat szerinti vizsgálat eredményei alapján arra a következtetésre jutottunk, hogy a különféle vizualizációval tanulók közötti eltérés nem tér el lényegesen egymástól, vagyis mindhárom szemléltetés nagyrészt egyformán járul hozzá az algoritmus stratégia megértéséhez (RQ₂). Ennek ellenére, fontos kiemelni azt az eredményt, hogy a színészi játék ebben az esetben sem marad alul, sőt a középhaladó és haladó diákok átlaga is ennek a vizualizációnak az esetén a legmagasabb.

Az algoritmusok típusa szerinti vizsgálat rávilágított arra, hogy a színészi játékkal való szemléltetés akár komplexebb stratégiák tanítására is alkalmas (RQ₃). Ezt a jelenséget a bonyolultsági kérdéseken való teljesítmény is alátámasztja, ahol hasonlóképpen jól teljesítettek a színészi játékkal tanuló résztvevők (RQ₄).

A felhasználói élmény, motiváció és megértés szempontok szerinti elemzés rámutatott a vizualizáció azon hiányosságaira, ami a tánc esetén nagy népszerűségnek örvend (RQ₅). Bár a dekoratív elemek sok esetben nehezítik az algoritmusban való elmélyülést sokkal izgalmasabb reprezentációt biztosítanak és jobban fenn tudják tartani a diákok figyelmét, amely napjainkban igen fontos tényező. Mindez azt tudatosította bennünk, hogy törekednünk kell arra is, hogy a bemutatás leegyszerűsítése ne vonja magával azt, hogy a produkció veszítsen az érdekességéből.

Ezek az eredmények részben igazolták a második tézisünket (T₂), amely alapján azt feltételeztük, hogy a színészi játékkal támogatott emberi mozgáson alapuló vizuali-

zációk hatékonyabbnak bizonyulnak. Több eredmény is igazolja a módszer megértésre és a diákok teljesítményére gyakorolt pozitív hatását, a figyelem fenntartása és motiváció kérdéskörökben azonban továbbra is a tánc vezet. Elért eredményeink tovább motiváltak abban, hogy aktívan foglalkozzunk a színészi játékkal való algoritmusok szemléltetésével, amely kapcsán leginkább a drámapedagógiai elemek nyújtotta potenciálban voltunk érdekeltek és abban, hogy hogyan tudunk olyan színpadi jeleneteket készíteni, amelyek amellet, hogy érthetően mutatnak be egy stratégiát, rendkívül izgalmasak is, főként a mai fiatalság számára. A következő fejezetben az ehhez kapcsolódó kutatásunkat mutatom be.

4.3 Élménypedagógiai elemek az oktatásban

A drámapedagógiai elemek, ahogy azt a második fő kutatási vonalunk is igazolta, hatékonyan be tudnak épülni napjaink oktatási rendszerébe. Mivel a megértés mellett, a vizualizációk nyújtotta kérdéskörben is érdekeltek voltunk, a két rendező algoritmus vizualizációja mellett elkészítettünk egy Piramis-játék című algoritmikus szabadulószoa szemléltetést.

4.3.1 Piramis-játék: algoritmikus szabaduló szoba vizualizáció

Annak érdekében, hogy megőrizzük a tánckoreográfia szemléltetésekben rejlő művészi jellegét, ebben a szemléltetésben is fontosnak találtuk, hogy hivatásos színészek képezzék a vizualizáció aktív szereplőit. A vizualizáció elkészítése kapcsán a Marosvásárhelyi Művészeti Egyetem oktatójával és hallgatóival vettük fel a kapcsolatot. A táncokkal való szemléltetéshez hasonlóan, itt is elengedhetetlen volt a munkafolyamat azon része, amely során művészek és informatikusok egyaránt összevetik gondolataikat és megszületik az alapkoncepció. Ezen megbeszéléseken szemléltettük a színészekkel a reprezentálni kívánt algoritmus stratégiát, és ők színpadi jeleneteket próbáltak társítani a felvázolt informatikai problémához. Így jutottunk végül arra a közös elhatározásra, hogy a szemléltetés során egy algoritmikus szabadulószoát örökítünk meg, amelyben az informatikai tartalom és a művészi elemek együttesen teremtik meg a megfelelő atmoszférát. Ennek megvalósítása két fontos fázisra épült: előgyártási folyamat és utómunka.

A vizualizáció oktatás-központú célkitűzései

Az előgyártási folyamat egyik legfontosabb mérföldköve a vizualizáció oktatás-orientált jellemzőinek pontos meghatározása volt. Mivel a 19. fejezetben részletezett kutatásunk során az is kiderült, hogy az AlgoRythmics videók felhasználói kíváncsiak lennének további komplexebb algoritmusokra és kifejezték ezzel kapcsolatos hiányérzetüket, fő céljaink közé tartozott az, hogy egy vizuálisan magával ragadó környezetet teremtsünk, amely nem csupán egyszerű programozással kapcsolatos tudnivalókat mutat be, hanem aktívan bevonja a nézőket a tanulási folyamatba bonyolultabb programozási technikák által. Ennek alapján úgy döntöttünk, hogy a programozásoktatásban jól ismert paradigmákat és módszereket szeretnénk színpadra vinni: a mohó és dinamikus programozás technikákat.

Ezeknek a technikáknak az ismerete létfontosságú a programozásoktatás kapcsán, hiszen ezek segítségével olyan lényeges tudásra tehet szert a diák, mely felhasználásával számos kihívást jelentő algoritmikai probléma megoldható. A legnagyobb kihívást azonban nem is a technikák bonyolultságában fedeztük fel, hanem abban, hogy megtaláljuk a tökéletes egyensúlyt a művészi reprezentáció és az absztrakt algoritmikai módszerek bemutatása között. A kiforrott ötlet egy Piramis-játék koncepciót foglalt magába, amely úgy gondoltuk kellőképpen tudja szemléltetni a két technika legfontosabb jellemzőit (35. és 36. ábra).



35. ábra: Piramis játék – mohó stratégia



36. ábra: Piramis játék – dinamikus programozás stratégia

A megtervezett Piramis-játék a következőképpen volt felépítve: a színészhallgatók 15 széken foglaltak helyet, amelyek egy ötszintes piramis alakban voltak elhelyezve (35.

ábra). Minden résztvevő háta mögött egy-egy számérték szerepelt. Ez a szám volt az adott szereplő által birtokolt összeg. A játék mögött rejlő téma egy szabaduló szoba stílusban megalkotott feladványt foglalt magába, melyből csak akkor tudtak kiszabadulni a résztvevők, ha sikeresen megoldották a feladatot. Más szóval, a színészek csak akkor állhattak fel a székeikről, ha sikeresen megtalálták a piramisban található legnagyobb fentről lefele összegyűjthető összeget. Ehhez a résztvevőknek a hozzájuk rendelt számokat kellett felhasználniuk a következőképpen: az összeget a piramis tetejétől az aljáig haladva kellett összegyűjtsék úgy, szintről szintre és szomszédra szomszédra haladva. A játék keretén belül bemutatott informatikai algoritmusokat a szabaduló szoba résztvevőinek gondolkodása alapján szemlélteti a stratégiákat.

A játék segítségével alapvető programozási stratégiákat szerettünk volna bemutatni úgy, hogy közben egy magával ragadó tanulási folyamatot biztosítsunk.

A vizualizáció kreativitás-központú célkitűzései

Az algoritmikus szabaduló szoba rövidfilm elkészítésekor fontos szempont volt megtalálni a művészi és tudományos elemek közötti egyensúlyt. A művészi elemeket fontosnak tartottuk, hiszen ezek segítségével jelentősen fokozható a felhasználói élmény, míg a tudományos jelleg megőrzése a tudásátadás szempontjából volt fontos. Annak érdekében, hogy ízléses legyen a művészi elemek használata, a filmszerű jelenetek megtervezésekor egy tehetséges operatőrrel működtünk együtt. Az operatőr segítségével meghatároztuk a filmkészítés főbb technikai elemeit. Annak érdekében, hogy kellőképpen ki tudjuk hangsúlyozni a piramis alakzatot, úgy döntöttünk, hogy a jeleneteket egy színházban filmezzük le, és felső filmezési technikát (felülnézetből megvalósított filmezés) alkalmazunk. Emellett, különféle kamera szögek váltakozását vezettük be, hogy még közelebb kerüljön a néző a cselekmény aktív résztvevőjéhez, ezáltal teret adva a „social belonging” effektus kibontakozásának. Végül, de nem utolsó sorban olyan ábrákat vezettünk be, amelyek által egy tisztább képet próbáltunk biztosítani az algoritmus stratégiákról.

Továbbá, a művészi elemek kiválasztásakor fontos szerepet játszott a szabaduló szoba jellemző atmoszféra és hangulat megalkotása. Ennek érdekében olyan színeket

és filmbeli elemeket választottunk ki, amelyek híres szabaduló szoba témájú filmek esetén is gyakran jelen vannak. Ezekből inspirálódva, a piramis-játék jelenet sötét piros székek és fekete padló által volt megalkotva, amely elősegítette a feladványban rejlő feszültséget és várakozást. A fokozott drámai hatás érdekében további eszközök és kellékek kerültek felhasználásra mint például a résztvevők tulajdonában levő számértékek (saját maguk által birtokolt számok) és piros lámpák a nyakon (szabaduló szobában való „fogságra” való utalás).

A megoldásmenet meseszerű módon három felvonást tartalmazott, amelyek során egyre csak fokozódott a játék intenzitása. Ehhez hozzájárult a résztvevők nyakán található piros lámpák egyre gyorsabb pislákolása és a narrátor hangjának fokozódó tónusa. A jelenet tetőpontját az a pillanat jelentette, amikor a narrátor közölte a játék résztvevőivel, hogy még egy utolsó (harmadik) esélyük maradt a megoldás meghatározására. Ennek a jelenetnek kiemelkedő szerepe volt a megoldásmenet meghatározásában, hiszen ezúttal a résztvevők egy különleges, egyedi képességet kaptak segítségül: egymás gondolataiban való olvasás. Ez a jelenség újabb bizonytalan és feszült hangulatot vont maga után, mely a nézői érdeklődést is fokozta.

A Piramis-játék története

Ahogy az már az előző fejezetekből kiderült, a piramis-játék drámai és oktatói jellegét a különféle művészi effektusok és programozási stratégiák biztosították. Ezek három jelenetben bontakoztak ki: egy érdeklődést felkeltő bevezetőben, amely a szabaduló szobára vonatkozó alapkontextust mutatta be, egy központi rész, amely a három programozási megközelítést szemléltette (ad-hoc, mohó és dinamikus programozás) – pszichológiai szempontokkal átszőve – és egy kifejező befejezés, amely előrevetíti a folytatás lehetőségét („You may have won the battle but you are far from winning the war”).

Ad-hoc megközelítés

Az ad-hoc megközelítést mint bevezető hivatkozási pont vezettük be a vizualizációba. Ez a technika rendszerint improvizáció alapján működik, gyakran egy-egy kiszámíthatatlan szituáció megoldásaként, éppen ezért sok esetben stratégia mentes

megközelítésnek tartják. A szabaduló szoba játékban ez módszer a nemek szerinti választás alapján valósult meg. Ez azt jelentette, hogy minden lépésben, az adott női szereplőnek választania kellett egy nő és egy férfi közül, nem alapján („from girl to girl”), hogy melyiknek adja tovább a kezében található összeget.

Mohó (greedy) megközelítés

A mohó módszer a lokális optimális megoldások meghatározásán alapszik, elsőbbségbe helyezve a pillanatnyi, hirtelen döntéseket. Ennek alapján nem garantált, hogy a végső megoldás az optimális megoldást tudja biztosítani. Ez a technika úgy épült be a piramis-játékba, hogy az aktuális szereplő mohó módon választott a lehetséges szomszédjai közül. Mivel a végső cél a lehető legnagyobb összeg összegyűjtése volt, az adott szereplő annak a szomszédjának adta tovább saját számértékét, amely nagyobb számértékkel rendelkezett. Ennek alapján, csak a feltételezett optimális útvonalon található szereplők tudnak részt venni a megoldási folyamat kivitelezésében. A pillanatnyilag optimálisnak tűnő és hirtelen hozott döntések az egocentrikus attitűdre reflektál, amely az individualista, haszonleső ember jellemzőit mutatja be ahelyett, hogy az együttműködést szorgalmazná. Továbbá, ez a stratégia egy olyan pszichológiai aspektusra is felhívja a figyelmet, amely társadalomkritikát is megfogalmaz, miszerint az emberek hajlamosak a lehető legegyszerűbb megoldást választani, még akkor is, ha ez további negatív következményeket von maga után.

Dinamikus programozás megközelítés

A mohó módszerrel ellentétben, a dinamikus programozás stratégia elvezet az optimális megoldáshoz úgy, hogy a végső megoldás meghatározásához a részeredmények optimális megoldásaira építkezik. Ennek a módszernek az esetén minden résztvevő egyenlő módon hozzájárul a végső optimális eredmény meghatározásához és megvan mindenkinek a jól meghatározott szerepe. Ennek értelmében ez a módszer a csapatmunka értékére hívja fel a figyelmet. Kihangsúlyozza továbbá az együttműködés fontosságát, amely jelentősen hozzájárul a célok eléréséhez nem csupán játékok esetén,

hanem a mindennapi életben is. Ez a stratégia rejtett módon azt az üzenetet és tanulságot is megfogalmazza, hogy a kooperáció és egység gyakran kikövezi a sikerhez vezető utat.

Utómunka fázis

Érzékelhető, hogy a filmhez tartozó jelenetek megtervezése és filmezése mellett fontos volt a vizualizációk utómunkájára is összpontosítani. Az utómunka fázis során leginkább azt szerettük volna megvalósítani, hogy a videó még kifejezőbb, érthetőbb legyen és magával ragadja ezáltal a nézőt. A filmezéskor alkalmazott különböző kamera váltások lehetőséget biztosítottak arra, hogy ezek a jelenetek megfelelő módon váltakozzanak és rálátást adjanak a résztvevők arckifejezéseire és mozdulataikra. Emellett, számos kiegészítő ábrával és útmutatóként szolgáló jellel volt kibővíve a kisfilm, amelyek rendszerint rálátást biztosítottak egy-egy megoldásmenet összefoglalójára (37. ábra). Ezek az utómunkához kapcsolódó teendők jelentősen hozzájárultak ahhoz, hogy a filmben rejlő oktatói minőséget megőrizzük és olyan üzenetet fogalmazzunk meg általa, amely a lehető legtisztább és rendkívül meggyőző.



37. ábra: Kamera váltások és kiegészítő drámai effektusok

Az utómunkában alkalmazott színskála az előző fázishoz hasonló stílusban valósult meg. Többnyire a piros, fekete, zöld és fehér színek domináltak, amelyek mindegyikéhez egy-egy szimbólum társult. A piros szín a hibás válaszokat jelezte és a feszültség fenntartását, a bezártságot és az izgalmat biztosította. Ezzel szemben a zöld a helyes válaszok, segítséget tartalmazó üzenetek és a szabadság szimbóluma volt. Fehér színnel a természetfeletti képességeket igyekeztünk ábrázolni mint például azt, hogy a résztvevők képesek olvasni egymás gondolataiban. Végül pedig, a fekete szín volt a domináns háttérszín, elősegítve a film atmoszférájának megfelelő szemléltetést, a feszültség fenntartását és a nézők izgalommal teli várakozását.

4.3.2 Módszertan

Ehhez a témához kapcsolódó kutatásunk fő célja az volt, hogy felmérjük a színészi játékkal szemléltetett piramis-játék hatékonyságát. A mérést egy egyetemi programozás képzésen végeztük el, amely során arra kerestük a választ, hogy így egyszeri megtekintés során, van-e filmben potenciál arra, hogy segítse a diákokat a nehezebb programozási technikák elsajátításában.

Résztvevők

A kutatás résztvevői a Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem hallgatóiból tevődött össze, számítástechnika és informatika szakokról, a képzések második félévében. Összesen 54 hallgató vett részt a mérésen, amelyek különböző programozási tapasztalattal rendelkeztek a következő eloszlás szerint: 25% kezdő (nem tanult programozást középiskolában), 18% középhaladó (1–3 évet tanult programozást középiskolában) és 47% haladó (4 évet tanult programozást középiskolában). Az eltérő középiskolai tapasztalat ellenére a diákok programozási tudását bizonyos mértékben elősegítette és egyensúlyba hozta az első féléves CS1 tantárgy, amelyen minden diák részt vett. A mérést az egyetemi CS2 kurzus során valósítottuk meg, amely a CS1 folytatásának tekinthető és nehezebb programozási stratégiák tanítását foglalja magába.

Fontos megemlíteni, hogy a résztvevők közül mindenki ismerte vagy hallott már az AlgoRhythmics vizualizációkról. Néhányan már középiskolás tanulmányaik során használták, a többiek pedig a CS1 tanfolyam keretén belül ismerkedtek meg ezzel a típusú algoritmusvizualizációval.

Az 54 résztvevőből 51 hallgató töltötte ki helyesen a kutatáshoz tartozó kérdőívet, így az eredmények kiértékeléséhez összesen 51 hallgató válaszait dolgoztuk fel.

A kutatás eszközei

A kutatás fő eszköze az algoritmikus szabaduló szoba jelenetet jelképező 7 perces piramis-játék volt. A film segítségével az előző fejezetekben bemutatott mohó és dinamikus programozás technikákat szerettük volna bemutatni. Ezt követően egy angol nyelvű teszt következett, amely főként a film jellegzetességeire és a benne rejlő potenciálra fókuszált.

A teszt során három fontos szempontot vizsgáltunk: a film jellegzetességeire való rákérdezés, nézőközönség számára potenciális előnyök és a TAM kulcsfontosságú elemeire való rákérdezés.

Ezekre a kérdésekre a résztvevők egy –3-tól (egyáltalán nem értek egyet) 3-ig (teljes mértékben egyetértek) Likert skálán kellett válaszoljanak, melyen a 0 érték jelentette a semleges véleményt.

A három fő kérdéskategória mellett azt is felmértük, hogy a diákok milyen mértékben használták eddigi tanulásuk során az AlgoRhythmics videókat, illetve elemeztük véleményeiket arról, hogy milyennek találják ezt a megközelítést a hagyományos videókkal vagy animációkkal összehasonlítva. Ez a vizsgálat két szempontra fókuszált:

- Előzetes használat (Eval. Use): „I often use/used existing AlgoRhythmics videos in my learning process.”
- Összehasonlító értékelés (Eval. Comp): „Overall, the short film approach (story-line, live-acting etc.) provides a richer and more valuable learning experience than the viewing of simple videos or animations.”

A kérdéssor eredeti, teljes változata a 8.4 mellékletben érhető el.

A kutatás menete

A kutatás menete két részre bontható: egy előzetes felkészítő és a fő mérés fázisa. A felkészítő fázis egy héttel a kutatás megvalósítása előtt került kivitelezésre a CS2 kurzus keretén belül. A tanórán a diákok megismerkedtek két programozási stratégiával, amelyek stratégiai szempontból megalapozták és előkészítették az egy héttel később következő rövidfilm bemutatást.

A fő mérést az egyetem egy előadótermében végeztük el, abban a teremben, amelyben a hallgatók a CS2 kurzus előadásait is hallgatták, ezért ismerős volt számukra a környezet. Ahogy az általában előadások során szokott történni, a szemléltetés egy laptop és vetítés segítségével történt. Az egyetemi előadásokhoz képest, nem a tipikus PowerPoint diák szemléltették a tananyagot, hanem a piramis-játék rövidfilm, amely hozzávetőlegesen egy 12 négyzetméter méretű vetítő vásznon volt követhető.

A mérés napján a hallgatók elsőként a piramis-játék vizualizációt tekintették meg, amelyet az összefoglaló kérdőív kitöltése követett. Ez a kérdőív nem csupán a diákok film kapcsán alkotott véleményeit és meglátásait mérte fel, hanem a TAM alapján értelmezett kulcsfontosságú jellemzők hatásosságát is. Ilyen jellemzők például a feltételezett hasznosság (Perceived Utility – PU), élmény (Perceived Enjoyment – PE), kompatibilitás (Perceived Compatibility – PC) és attitűd (Perceived Attitude – PA). Ezek alapján azt szeretnénk volna felmérni, hogy a hallgatók mennyire receptívek a piramis-játék filmhez hasonló reprezentációk befogadására tanulás során. Ezek alapján arra kerestük a választ, hogy hasznosnak bizonyul-e az élménypedagógiai elemekkel bemutatott algoritmusvizualizáció.

Statisztikai elemzés

A válaszok feldolgozása során elsőként deskriptív statisztikai elemzés volt használva annak érdekében, hogy a hallgatók véleménye alapján visszajelzést kapjunk a videóra vonatkozó környezeti és technológia specifikus tényezőkről és a TAM építőköveiről.

Továbbá, annak érdekében, hogy kellőképpen meghatározzuk azokat a tényezőket, amelyek szorosan befolyásolják az attitűdöt, egy strukturális egyenletmodell (Structural Equation Modeling) volt használva.

4.3.3 Kutatási kérdések

A kutatás során abban voltunk leginkább érdekeltek, hogy a vizualizációban rejlő élménypedagógiai elemek milyen mértékben bizonyulnak népszerűnek a hallgatók körében. Ezzel kapcsolatosan a következő kutatási kérdéseket fogalmaztuk meg:

RQ₁: A hallgatók pozitívan fogják-e értékelni a vizualizációk élményre vonatkozó tulajdonságát?

RQ₂: Van-e korreláció a különböző dimenziók közötti szempontok között?

RQ₃: Milyen mértékben befolyásolja a szempontok közötti korrelációt az előzetes AlgoRhythmics vizualizációk ismerete?

4.3.4 Eredmények

A hét pontos Likert skálán adott válaszokat a 38. és 39. ábrák szemléltetik, amely során az átláthatóbb és tisztább szemléltetés érdekében egy sávon ábrázoltuk az eltérő eredményeket. A szempontokat nyolc kategória esetén vizsgáltuk: kognitív előnyök (CB), elkötelezettségre vonatkozó előnyök (EB), élvezhetőségre vonatkozó tényezők (EF), filmbeli jellemzők (FA), elért élvezhetőség (PE), elért hasznosság (PU), kompatibilitás (C) és attitűd (A).

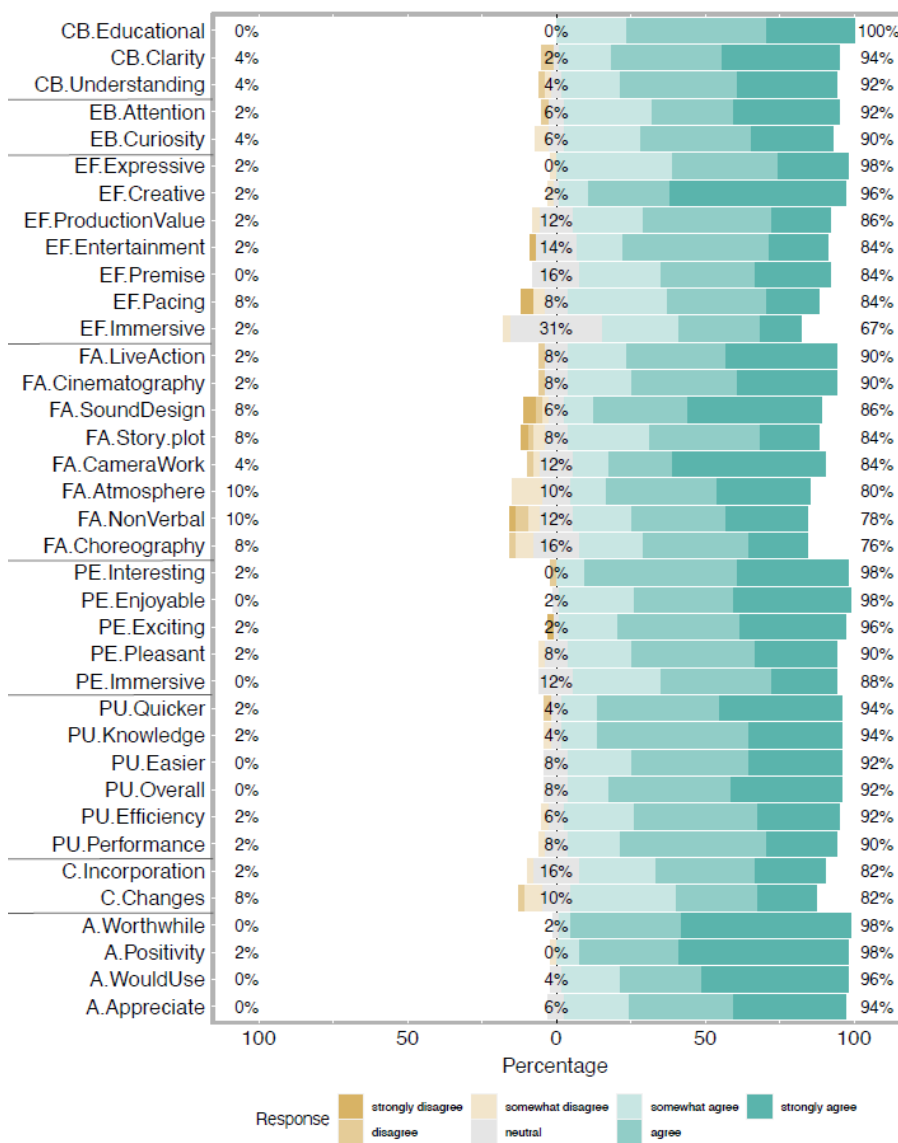
Minden vízszintes sáv, az adott szempontra érkező válaszokat jelöli, amely kapcsán három rész különíthető el: elutasító (disagreement – a diagram bal oldala), semleges (neutral – diagram közepe) és egyetértő (agreement – diagram jobb oldala) válaszok. Továbbá, a sávok színkóddal is el vannak látva annak érdekében, hogy jelezzék az egyetértés és elutasítás mértékét. Az ábrákon megjelenő sötétebb árnyalatok erősebb válaszokat reprezentálnak.

A 8. táblázat a résztvevők különböző szempontokra érkező észrevételeire ad rálátást. Az átlagok szemléltetik a diákok átlagos értékelését külön-külön minden szempont esetén. A szórás értékek változóak, az alacsony értékek konzisztenciára utalnak, míg

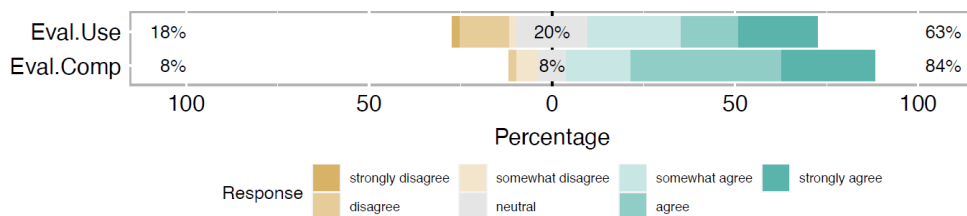
a magasabb értékek egy szélesebb skálát foglalnak el. A páros T próbákhoz tartozó p értékek azt vizsgálják, hogy az átlag szignifikánsan eltér-e a semlegesnek tekinthető középtől. A Cohen d együttható pedig az átlag és a semleges pont közötti magnitúdót jelöli.

A magas átlagok, főként kiemelkedően alacsony p értékek és magas Cohen d együttható arra utalnak, hogy az adott szempontot a tanulók rendkívül hasznosnak és értékesnek tekintették, összhangban az oktatási elvárásaikkal. Bár közvetlen tanulási eredményt nem vizsgáltunk, ezek a mutatók tükrözik azt, hogy a módszer erősen pozitívan befogadást ért el a résztvevők körében.

A szubjektív vélemények feldolgozása során fontos volt szem előtt tartani az esetleges torzításokat is. A hallgatók válaszait nagymértékben befolyásolhatta a módszer újdonsága, elfogultság a tananyag szemléltetését illetően.



38. ábra: Hét pontos Likert skálán adott válaszok eloszlása



39. ábra: Hét pontos Likert skálán adott válaszok eloszlása a múltbeli használatra és általános komparatív előnyre vonatkozóan

Szempont	Átlag	Szórás	p-érték	Cohen d érték
CB.Educational	2,0588	0,7324	< ,0001	2,8109
CB.Clarity	2,0196	1,14	< ,0001	1,7716
CB.Understanding	1,9216	1,0926	< ,0001	1,7587
EB.Attention	1,8627	1,0958	< ,0001	1,6999
EF.Expressive	1,7843	0,8789	< ,0001	2,0301
EF.Creative	2,3922	0,8962	< ,0001	2,6693
EF.ProductionValue	1,6667	0,9933	< ,0001	1,6779
EB.Curiosity	1,7843	1,0453	< ,0001	1,7071
EF.Entertainment	1,6667	1,1431	< ,0001	1,458
EF.Premise	1,6667	1,0328	< ,0001	1,6137
EF.Immersive	1,1961	1,0958	< ,0001	1,0915
EF.Pacing	1,3725	1,3411	< ,0001	1,0235
FA.LiveAction	1,9412	1,1029	< ,0001	1,76
FA.SoundDesign	1,902	1,5133	< ,0001	1,2568
FA.Cinematography	1,8824	1,089	< ,0001	1,7285
FA.Story-plot	1,4706	1,3016	< ,0001	1,1298
FA.CameraWork	2,0196	1,2726	< ,0001	1,5869
FA.Atmosphere	1,7059	1,2852	< ,0001	1,3273
FA.Choreography	1,4118	1,2518	< ,0001	1,1278
FA.NonVerbal	1,4706	1,4745	< ,0001	0,9974
PE.Interesting	2,1961	0,8722	< ,0001	2,5178
PE.Enjoyable	2,098	0,8545	< ,0001	2,4552
PE.Exciting	2,0196	1,0675	< ,0001	1,8919
PE.Pleasant	1,8431	0,9874	< ,0001	1,8667
PE.Immersive	1,6863	0,9485	< ,0001	1,7779
PU.Quicker	2,1373	1,0004	< ,0001	2,1364
PU.Knowledge	2,0588	0,8812	< ,0001	2,3365
PU.Easier	1,9412	0,9255	< ,0001	2,0975
PU.Overall	2,0784	0,9131	< ,0001	2,2763

Szempont	Átlag	Szórás	p-érték	Cohen d érték
PU.Efficiency	1,8627	0,9596	< ,0001	1,9412
PU.Performance	1,8431	0,946	< ,0001	1,9484
C.Incorporation	1,6078	1,0785	< ,0001	1,4908
C.Changes	1,3922	1,2013	< ,0001	1,1589
A.Worthwhile	2,4902	0,6745	< ,0001	3,6921
A.Positivty	2,4314	0,8063	< ,0001	3,0153
A.WouldUse	2,2157	0,9014	< ,0001	2,458
A.Appreciate	2,0392	0,9157	< ,0001	2,23%

8. táblázat: Statisztikai analízis a résztvevők véleménye alapján

Hallgatói visszajelzés a környezeti és technológia specifikus tényezőkről

A 38. ábra alapján az egyik legszembetűnőbb eredmény az, hogy összességében a hallgatók pozitívan értékelték (egyetértettek) a kérdőívben megjelenő szempontokat. A módszer pozitív hozadékára vonatkozóan az értékek 100% és 67% között mozogtak. A legmagasabb értékelést az oktatási hasznosságra (CB.Educational), míg a legalacsonyabbat a tudás elmélyítésére (EF.Immersion) vonatkozó tényező esetén mértük. A semleges vélemények 0% és 31% között mozognak, amely hasonlóképpen a módszerben való elmélyülést jelző tényező (EF.Immersion) kapcsán volt észlelhető. Az elutasításra vonatkozó százalékok minden tényező esetén alacsonynak bizonyultak, 8–10% maximumot elérve bizonyos filmre vonatkozó jellemzők fontossága tekintetében.

A statisztikai analízis során mért medián értékek hasonlóképpen alátámasztják azt a tényt, hogy a módszer összességében pozitív hatást ért el a diákok körében. A 37 tényezőtől 34 esetén (91,84%) a diákok legalább 50%-a fogalmazta meg egyetértését vagy erős egyetértését azzal kapcsolatosan, hogy az ehhez hasonló rövidfilmek hasznosak, élvezetesek, magával ragadóak, továbbá kognitív és figyelemfelkeltő előnyökkel is járnak, ami a módszer élményre vonatkozó jellegét illeti.

A filmbeli jellemzők (FA) és élvezhetőségre vonatkozó tényezők (EF) esetén belátható, hogy vannak olyan tulajdonságok (például: elmélyülés, ütemezés, hangzás, a történet cselekménye, atmoszféra), amelyeket néhányan a résztvevők közül nem tartanak fontosnak, míg vannak olyan szempontok (például: kifejezés mód, kreativitás,

cselekmény, filmezés), amelyek egyértelműen mindenki számára rendkívül fontosnak bizonyulnak. A résztvevők több, mint 50%-a erősen egyetértett azzal, hogy a kreativitás rendkívül fontos szempont ilyen vizualizációk megalkotása során, amely megerősített minket abban, hogy valóban érdemes volt a kreatív alkotási folyamatra időt áldozni.

Hallgatói visszajelzés a TAM tényezőire vonatkozóan

A módszer által elért élvezhetőségre (PE) és hasznosságra (PU) vonatkozó szempontok átlaga a következőképpen alakult: $M_{PE}=1,9686$ ($SD_{PE}=0,2041$) és $M_{PU}=1,9869$ ($SD_{PU}=0,1219$). Ezek az értékek nagyon közelítenek a 2-höz, mely az egyetértés („agree”) határértéknek felel meg. A PU az érdeklődés felkeltéséből és a tudás iránt érzékelt elkötelezettségből ered, amely szempontokat a kognitív előnyökre (CB) és élvezhetőségre (EF) vonatkozó kérdések mérték fel. Ezek az értékek erős egyezést mutatnak: $M_{CB}=2$ ($SD_{CB}=0,0707$) és $M_{EB}=2,0882$ ($SD_{EB}=0,0555$). A válaszok alapján kijelenthető, hogy a résztvevők rendkívül élvezték és pozitívan értékelték a rövidfilmet, valamint az ehhez tartozó tanulási élményt.

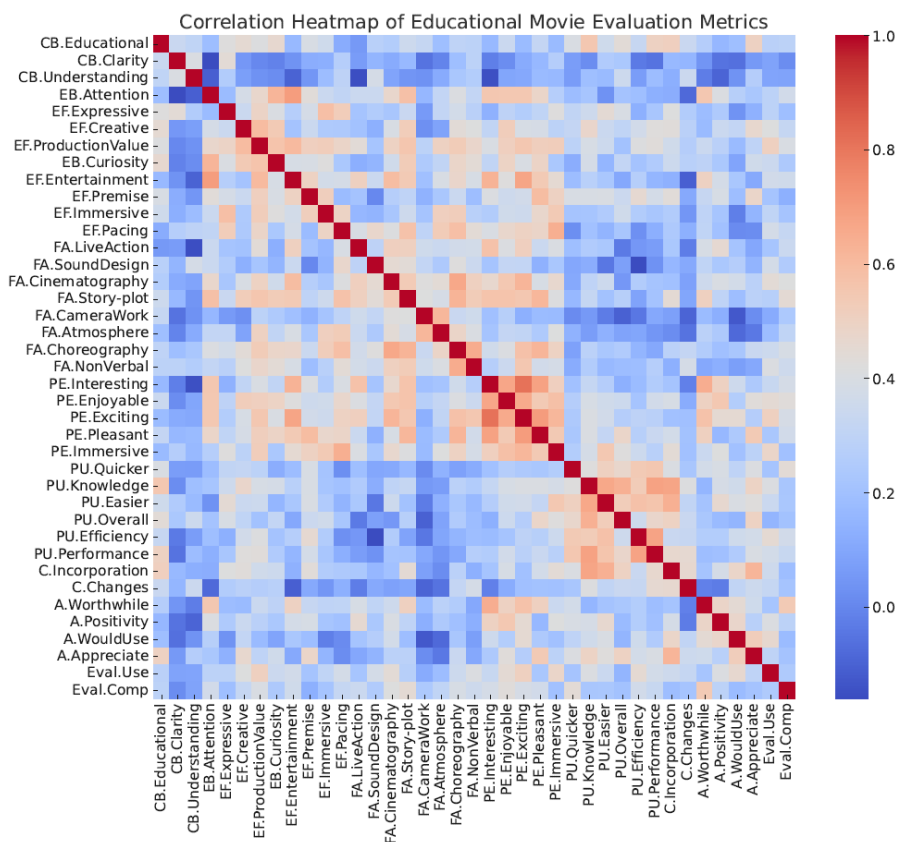
Ezzel szemben, a kompatibilitás (C) tényezőre vonatkozóan a hallgatók válaszaiból érzékelhető, hogy a résztvevők 16–18%-ának kétségei vannak afelől vagy nehéznek találják azt, hogy hogyan tudnák az ehhez hasonló módszereket alkalmazni programozás tanulmányaik során. Ezt a jelenséget az is alátámasztja, hogy a legalacsonyabb „erősen egyetérték” válaszok ebben a dimenzióban voltak jelen. Azt mondhatjuk, hogy ennek értelmében a kompatibilitásra még több figyelmet kell fordítani, hogy kiküszöböljük az ehhez kapcsolódó nehézségeket.

Az attitűd ezzel szemben messzemenően a legjobb értékkel rendelkezik, amely kapcsán jelentősen nagy az egyetértés: $M_A=2,2941$ ($S_{DA}=0,2068$). A kreativitás kivételével (EF.Creative) minden más egyedi szempontot is felülmúl. Továbbá, az A.WorthWhile és az A.Positivty attitűdre vonatkozó szempontok is maximum médián értékkel rendelkeznek, amelyek kapcsán a diákok több, mint 50%-a „erősen egyetértett” azzal a ténnyel, hogy az ilyen és ehhez hasonló filmek használata nagyon hasznos algoritmikával kapcsolatos fogalmak elsajátításához.

A 39. ábra az AlgoRhythmics oktatói videók előzetes használatának sikerességére ad rálátást mint például az előzetes használatra Eval.Use ($M=0,8627$, $SD=1,6972$) és az ezekhez hasonló rövidfilmekkel való összehasonlításra Eval.Comp ($M=1,6666$, $SD=1,2274$). Bár egyetemi tanulmányok során már minden hallgató találkozott az AlgoRhythmics vizualizációkkal, a válaszadók 63%-a fogalmazta meg azt a tényt, hogy egyéni felkészüléskor is használja ezt a módszert. Továbbá 84%-a a hallgatóknak értékelte a rövidfilm típusú szemléltetést úgy, mint egy magas színvonalú és értékes tanulási élmény. Ezt az eredményt az is hitelesebbé teszi, hogy a résztvevők közel 96%-a állította azt, hogy szívesen használná a jövőben is a módszert (A.WouldUse).

Filmértékelési szempontok közötti összefüggések

A 40. ábra hőtérképe a különböző film értékelési szempontok közötti páronkénti Pearson korrelációs együtthatók értékeit szemlélteti. A korrelációk többsége pozitív, amely ismét hangsúlyozza a résztvevők véleményeinek pozitív töltetét, amely a 38. ábrán is érzékelhető volt.



40. ábra: A film értékelési szempontjaira vonatkozó korrelációs hő térkép

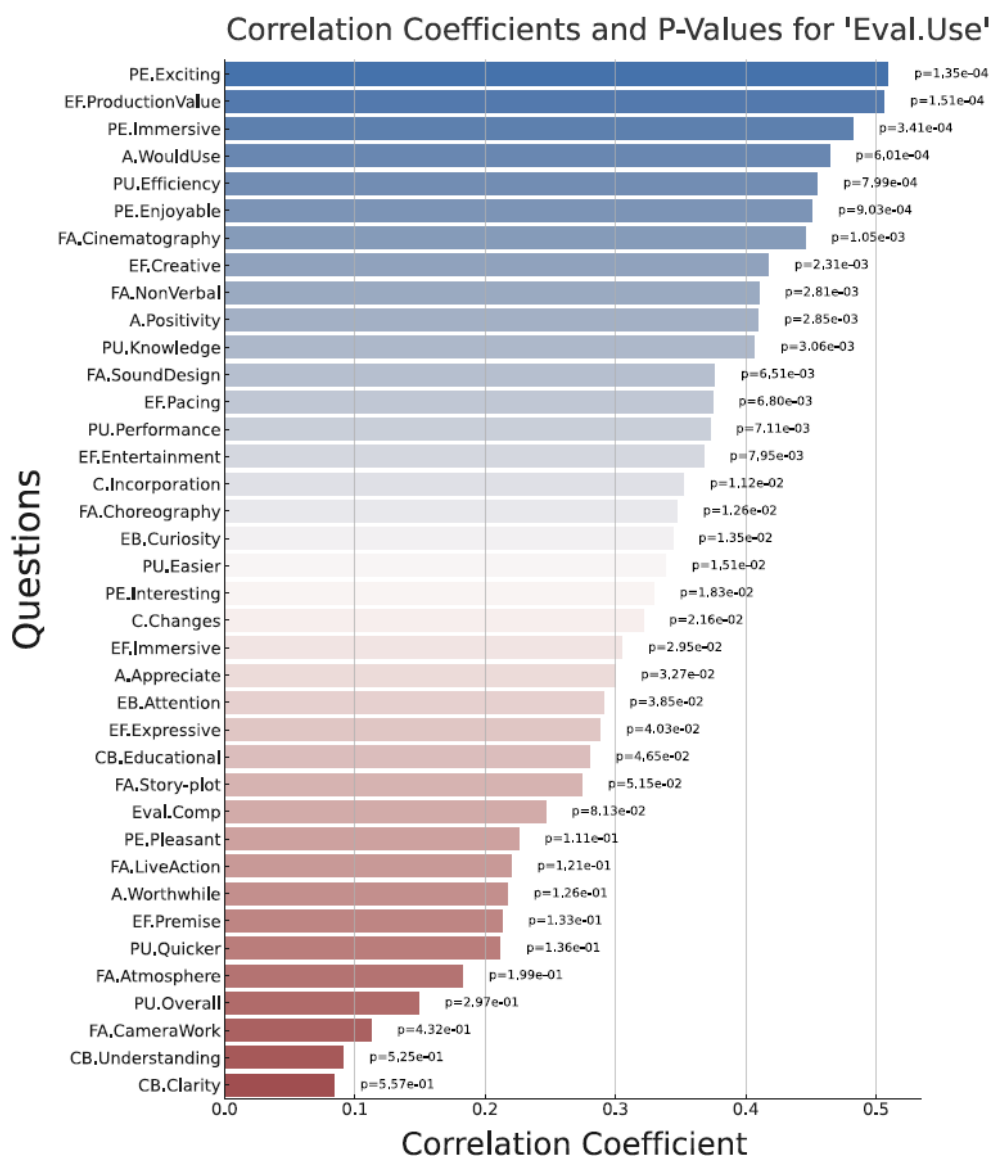
Az erős pozitív korrelációk főként a hő térkép főátlóján figyelhetők meg, ezzel kiemelve az azonos kategóriába tartozó dimenziók közötti konzisztenciát, mint például a feltételezett élmény (PE) és feltételezett hasznosság (PU) esetén.

A hő térképen továbbá egy moderált interkorreláció is érzékelhető a különböző kategóriák közötti dimenziók között, különösképpen az elért élmény (PE), elkötelezettségi tényezők (EF) és filmbeli jellemzők (FA). Ez az eredmény aláhúzza azt a tényt, hogy az elért élmény (PE) nem csupán egy izolált affektív válasz, hanem szoros összefüggésbe hozható azzal, hogy a hallgatók mennyire tartják magával ragadónak és művészi szempontból vonzónak a filmet.

Múltbeli AlgoRythmics Vizualizációk hatása a film értékelésére

Annak érdekében, hogy feltérképezzük az előzetes AlgoRythmics vizualizációk hatását a diákok által adott vélemények elemzésére, megvizsgáltuk az Eval.Use és filmre vonatkozó elemzések közötti korrelációs együtthatók értékét. Ezek az értékek a 41. ábrán tekinthetők meg, statisztikai szignifikancia szerinti csökkenő sorrendben. Az elemzés rávilágított néhány további lényeges korrelációkra mint például a következő kategóriák esetén: PE.Excitement ($r=0,509$, $p<,001$) és EF.ProductionValue ($r=0,506$, $p<,001$). Ezek az eredmények arra utalnak, hogy azok a hallgatók, akik már korábban használták egyéni felkészülés során is az AlgoRythmics csatorna videóit, nagyobb érdeklődést mutattak és jobban értékelték ezeket a szempontokat. Hasonlóképpen, szignifikáns korreláció figyelhető meg az elmélyülés és a tanulási élmény között ($r=0,482$, $p<,001$). A hallgatók véleményeiből az is kiderült, hogy ezek a módszerek segíthetik a tanulásra szánt idő maximális hatékonyságát, PU.Efficiency ($r=0,464$, $p<,001$).

További kisebb, de szignifikáns korreláció figyelhető meg a PE.Enjoyment ($r=0,451$, $p<,001$) és FA.Cinematography ($r=0,446$, $p<,001$) tényezők között, kihangsúlyozva egy gyengébb, de ugyancsak pozitív hatását az előzetes ismeretnek.



41. ábra: A videók előzetes használata és a film értékelési szempontjai közötti Pearson korreláció

A kognitív előnyök dimenzióján belül értelmezett szempontok között, mint például a megértés (CB.Understanding, $r=0,091$, $p=,525$) és tisztánlátás (CB.Clarity, $r=0,084$, $p=,557$), valamint az általános hasznosság (PU.Overall, $r=0,149$, $p=,296$) közötti kapcsolat nem volt szignifikáns. Ez arra enged következtetni, hogy az oktatásra vonatkozó hasznosság, megértés és tisztánlátás nincs szoros összefüggésben azzal, hogy a résztvevők használtak-e korábban AlgoRhythmic vizualizációkat.

4.3.5 Következtetések

Ebben a kutatásban főként az AlgoRhythmics történetmesélés fontosságára fókuszáltunk, amely során az eddig jól ismert tánckoreográfiákról áttértünk egy más dimenzióra, a színpadra és a filmre. Az eredmények feldolgozása során elsősorban a hallgatók kérdésekre adott véleményeit, javaslatait vettük figyelembe. Amint az már az előző részekben bemutatásra került, a kutatáshoz tartozó kérdőív a TAM módszerhez tartozó szempontok kibővített szempont-rendszerét foglalta magába, három fő tényezőt magába foglalva: feltételezett hasznosság, feltételezett élvezhetőség és kompatibilitás. Ezek mellett kutatásunkban még kiemelt figyelmet fordítottunk a környezeti és technológia specifikus szempontok fontosságára is mint például a következőkre: kognitív és elkötelezettséggel kapcsolatos előnyök, valamint filmbeli jellemzők és felhasználói attitűd.

Elsőként az első kutatási kérdésünkre kerestünk választ (RQ₁). Az eredmények feldolgozását követően arra a következtetésre jutottunk, hogy minden résztvevő pozitívan értékelte a módszer mögött rejlő oktatási potenciált, kihangsúlyozva ennek feltételezett hatékonyságát. Ez az eredmény arra utal, hogy a bevezetett művészi elemek nem csökkentették a módszer oktatással kapcsolatos jellemzőit, hanem megerősítettek és kihangsúlyozták azokat. Más szóval mondva, a felhasznált művészi és filmbeli jellemzők használata egy sokkal élvezhetőbb tanulási élményt biztosított a hallgatók számára anélkül, hogy a feltételezett oktatási potenciál sérüljön. Ez az eredmény összhangban van azzal a következtetéssel, miszerint az oktatási rendszer működését úgy lehet kellőképpen elősegíteni, ha a felhasznált módszer, úgy a neveléssel, mint az elkötelezettséggel kapcsolatos értékek kombinációjából tevődik össze [137].

Ez az eredmény rendkívül ígéretes, hiszen az előzetes szakirodalmi kutatások rávilágítottak arra, hogy a táncban rejlő dekoratív elemek megnehezítik az algoritmus stratégiájában való elmélyülést [12]. A színészi játékkal bemutatott vizualizációk amellett, hogy művészi jellegük miatt élvezhető módszert biztosítanak, a leegyszerűsített emberi mozgás által képesek egy egyszerűbb szemléltetést tárni a néző elé. A színészi játék által megvalósított koreográfiák nagyobb szabadságot biztosítanak arra, hogy a

művészi mozdulatok az oktatási tananyaghoz megfelelő módon illeszkedjenek, és ezáltal könnyebben megvalósítható a zavaró tényezők minimalizálása és az algoritmus zökkenőmentesebb végigkövetése is.

Ennek ellenére eltérő vélemények születtek a filmbeli jellemzők vizsgálatakor, amely kapcsán az elmélyülés tényező esetén érkezett a hallgatóktól a legtöbb semleges válasz. Ez az eredmény kihangsúlyozza azt a tényt, hogy a megkapó rövidfilmek elkészítése nem egyszerű, főként, ha megfelelő módon szereténk ezáltal a CS specifikus tartalmakat tanítani. A kihívások ellenére számos szempont esetén jutottunk erősen pozitív következtetésekre és koorelációkra, amely által választ kaptunk a második kutatási kérdésünkre (RQ₂). A hallgatók összességében pozitívan értékelték a bemutatott módszert. Az EF.Creative komponens kiemelkedően magas értékelést kapott, amely során a diákok több, mint 50%-a fogalmazta meg pozitív visszajelzését a film egyediségével és kreatív kivitelezésével kapcsolatosan. Továbbá, a hallgatók hasonlóképpen pozitívan értékelték a filmben szereplő emberi cselekmény jelenlétét, mely megerősítette bennünk azt, hogy érdemes a továbbiakban is emberi mozgás által szemléltetni az informatikai algoritmusokat. Mivel a filmezéssel és kifejezésmóddal kapcsolatos tényezők is pozitív visszajelzést kaptak, azt mondhatjuk, hogy az emberi mozgás filmszerű elemekkel való ötvözése ígéretes potenciált tartogat magában.

Ebben a kutatásban az emberi mozgás effektus egy új nézőpont szerint volt bemutatva, ahol a módszerben rejlő potenciált a résztvevők véleményei alapján szeretnénk volna felmérni. Fontos megemlíteni, hogy az emberi mozgás által szemléltetett cselekményben, az animációkkal ellentétben megtalálható az a potenciál, hogy a tanuló és a szereplő között kialakuljon egy szociális és érzelmi kötelék [138]. Ennek alapján, az élő emberek filmbeli köntösben való jelenléte képes méginkább magával ragadni és inspirálni a nézőt, talán az egyszeri emberi mozgásnál jobban is. Ez az érzelmi kötelék nagymértékben hozzájárul a motiváció és elkötelezettség fejlődéséhez is.

Egy másik rendkívül fontos szempont, amelyre fókuszáltunk az attitűd, amelynek kulcsfontosságú értékét Kasilingam is kihangsúlyozta [94]. Az ehhez kapcsolódó

eredményeink igen ígéretesek. A SEM elemzés [139] során további szignifikáns összefüggésekhez jutottunk a feltételezett hasznosság és élvezhetőség komponensek szintjére vonatkozóan. A kompatibilitás például közvetítő és moderáló hatást is mutatott, amely jelenség összhangban van előzetes kutatási eredményekkel is, amelyben hasonlóképpen hangsúlyozták a kompatibilitást, mint szignifikáns tényezőt [99]. Továbbá, Chiu és kutatótársai úgy jellemezték a kompatibilitást, mint kulcsfontosságú összekötő tényező az elért hasznosság és tényleges használat között [140].

A harmadik kutatási kérdés (RQ₃) az előzetes AlgoRhythmics vizualizációk ismeretének pozitív hatására fókuszált. Kutatási eredményeink rávilágítottak arra, hogy bár minden résztvevő összességében pozitívan értékelte a bemutatott vizualizációt, azok a hallgatók, akik már alkalmazták a tanulási folyamat során az AlgoRhythmics videókat, erősebb összefüggést mutattak a hasznosság, élvezhetőség és attitűd szempontok között. Ez az eredmény arra ösztönöz, hogy nem szabad figyelmen kívül hagyni a hallgatók tanulási folyamat során alkalmazott technikáit és már időben segíteni kell őket abban, hogy számukra kompatibilis tanulási stratégiákat biztosítsunk, melyek az attitűdöt is jelentősen javíthatják.

Összességében azt mondhatjuk, hogy a tervezési folyamat időigényessége ellenére sikerült egy olyan új AlgoRhythmics vizualizációt készíteni, amely alapos kreatív munkát rejt maga mögött. A módszerre érkező pozitív visszajelzések megerősítettek abban, hogy érdemes ehhez hasonló módszerek kidolgozása, hiszen egy igényes és alapos megtervezés esetén biztosítani tudjuk a modell hosszútávú értékét és újboli felhasználását is.

5 Összegzés

Jelen doktori dolgozat a számítógépes gondolkodás fejlesztését befolyásoló tényezőkre és egyedi eszközök bemutatására fókuszál három fő kutatási téma mentén. A CT-ben rejlő potenciáltól kezdve a színpadi elemekkel bemutatott vizualizációkig vezető út számos kutatási kérdésünkre adott választ, melyekből tanulva reményeink szerint hasznos és hatékony módszerekkel tudjuk gazdagítani az informatikaoktatást.

A dolgozat 4.1 fejezetében a középiskolai oktatásban rejlő potenciál felmérését tűztük ki célul, különös figyelmet fordítva a számítógépes- (CT) és a diagrammatikus (DR) gondolkodás közötti kapcsolatra. Eredményeink azt mutatták, hogy a CT és DR képességek szorosan összefüggnek, és mindkettő fontos részét kellene képezze napjaink oktatási stratégiájának. Fontos szempont volt a kutatás során a résztvevők előzetes programozási tapasztalata, amely jelentősen befolyásolja ezen képességek fejlődését. Eredményeink arra engedtek következtetni, hogy a középiskolai oktatásnak nagyobb hangsúlyt kellene fektetnie ezekre a területekre. Ezt a jelenséget és hiányosságot az érettségi eredmények is igazolják, melyekből az derült ki, hogy ezek a minősítések nem mutatnak jelentős hozzájárulást egyik képesség fejlődéséhez sem, mivel az oktatási rendszer jelenleg nem támogatja ezeknek a kibontakozását. Mivel az ehhez kapcsolódó kutatásunk rávilágított az oktatási anyagokban rejlő hiányosságokra, úgy döntöttünk, hogy érdemes olyan stratégiákat és egyedi eszközöket bevezetni, amelyek jelentősen növelni tudják a diákok motivációját úgy, hogy közben a tanulmányokban való előrehaladás és a problémamegoldó képesség fejlesztése sem szorul háttérbe.

A 4.2 fejezetben egy ilyen eszköz bemutatására és felhasználókra gyakorolt hatására összpontosítottunk. Bebizonyosodott az AlgoRythmics YouTube csatornára érkező visszajelzések alapján, hogy a tánccal szemléltetett algoritmusvizualizációk igen népszerűnek számítanak a diákok körében, azonban a táncban rejlő dekoratív elemek miatt ezek a szemléltetések gyakran elvonják a figyelmet az algoritmus lényeges lépéseiről. Az ehhez kapcsolódó kutatás kimutatta, hogy a színészi játékkal bemutatott

vizualizációk hatékonyabbak lehetnek, mivel minimalizálják a dekoratív elemek vizualizációban való jelenlétét, és ezáltal jobban elősegítik az algoritmus megértését. Bár ebben a kutatásban az előzetes programozási tapasztalat nem befolyásolta jelentősen a különböző vizualizációs módszerek (tánc, animáció, színészi játék) hatékonyságát, a színészi játék bizonyos problémák során különösen hasznosnak bizonyult. Lévéen egy egyszerűbb és letisztultabb szemléltetésről szó, ez a típusú vizualizáció alkalmasabb lehet komplexebb algoritmikai problémák bemutatására. A felhasználói élmény és motiváció tekintetében a tánc azonban továbbra sem marad le, hiszen rendkívül művészi és látványdús szemléltetést biztosít. Ennek értelmében úgy gondoljuk, hogy a produkció érdekességének és tartalmi hozadékának egyenletes eloszlása érdekében fontos megtalálni a tánc és színészi játék közötti arany középutat. Mindezt a drámapedagógiai elemek vizualizációba való beépítése által könnyen lehetőségünkben áll megtalálni.

Ennek értelmében a harmadik és egyben utolsó kutatás vezérfonala a drámapedagógiai elemek hasznosságára, az AlgoRhythmic történetmesélésre és a színészi játékkal bemutatott algoritmusokra fókuszált (4.3 fejezet). A hallgatói visszajelzések alapján a módszerben rejlő oktatási potenciál pozitív értékelést kapott, különösen a művészi és filmbeli elemek jelenléte miatt. Fény derült továbbá arra is, hogy azok a hallgatók, akik tanulmányaik során aktívan használják az AlgoRhythmic vizualizációkat erősebb pozitív összefüggést mutattak a módszer hasznossága és élvezhetősége között. Ezek az eredmények is kihangsúlyozták azt, hogy a színészi játékkal bemutatott algoritmusok hatékonyak lehetnek, különösen akkor, ha megfelelően kombinálni tudjuk ezeket különféle művészi és oktatási értékkel.

Úgy gondoljuk, hogy jelen napjainkban már nem kellene kiváltságnak számítsa a programozással kapcsolatos témakörök tanítása. Az ehhez kapcsolódó és aktívan hozzájáruló képességek fejlesztése, ahogy azt Wing is kihangsúlyozza [20], mindenki számára elérhető kellene legyen. Az AlgoRhythmic módszer már a kezdetektől fogva arra fókuszál, hogy az élet bármely szakterületén elhelyezkedő személyek számára egy különleges, érdeklődést felkeltő rálátást biztosítson különféle informatikai algo-

ritmusokra. Az elmúlt évek munkája főként az emberi mozgással szemléltetett vizualizációk hatékonyságának kutatására fókuszált. Olyan vizualizációk megtervezése és létrehozása valósult meg, amelyek a tánc helyett színészi játék segítségével próbálnak még tisztább, de ugyanakkor megkapó élményt biztosítani a nézőnek. Jelen dolgozatban megfogalmazott következtetések megerősítettek abban, hogy tovább folytassuk a témához kapcsolódó témakörök kutatását, és vizualizációk kidolgozását, hiszen még számos potenciált tartogat az emberi mozgás fogalma köré épülő vizualizációk világa. Reményeink szerint, ez által sikerül további olyan egyedi eszközökkel gazdagítani a repertoárt, amelyek már egészen kisiskolás kortól kezdve részét képezhetik az oktatási tantervnek úgy, hogy közben a reflektorfényből a diákok problémamegoldó képessége sem marad ki.

6 Köszönetnyilvánítás

Köszönetet szeretnék mondani elsősorban kedves családomnak, hogy az elmúlt évek során rendkívüli türelemmel, megértéssel, motivációval és folyamatos támogatással fordultak hozzám és a doktori munkámhoz.

Köszönöm továbbá kedves doktori témavezetőmnek, Dr. Csernoch Máriának a folyamatos segítségét, a hasznos tanácsokat, amelyekkel mindig elátott, a lehetőségeket, amelyeket felkínált. Köszönöm továbbá neki, hogy kérdéseimre hosszabb várakozás nélkül, minden alkalommal kielégítő választ kaptam és minden munkámban támogatt és számíthattam rá.

Végül de nem utolsó sorban, köszönöm az AlgoRythmics kutatócsoport tagjainak a munkáját, Dr. Kátai Zoltán és Dr. Osztian Erika segítségét és támogatását. Köszönöm Dr. Kátai Zoltánnak, hogy annak idején még egyetemi hallgatóként látott bennem potenciált arra, hogy a kutatócsoport tagja lehessek, és bízott abban, hogy foglalkozzak az AlgoRythmics projekttel. Köszönöm nekik, hogy egy olyan témával foglalkozhatok, amely közel áll úgy a szakmai érdeklődési körömhöz, mint a szívemhez is.

Végezetül, köszönöm a Collegium Talentum tehetséggondozó programnak a sok támogatást, biztatást és motivációt ahhoz, hogy sikeresen véghez tudjam vinni a témához kapcsolódó kutatásokat és szakmai és baráti kapcsolatokra tegyek szert.

7 Szakirodalom

- 1 Dewey, J. (1938). *Experience and Education*. Collier Books.
- 2 Dondi, M., Klier, J., Panier, F., & Schubert, J. (2021). *Defining the skills citizens will need in the future world of work*. 25, 1–19.
- 3 Di Battista, A., Grayling, S., Hasselaar, E., Leopold, T., Ricky, L., Mark, R., & Saadia, Z. (2023). *Future of jobs report 2023*.
- 4 TED (Director). (2007, January 7). *Do schools kill creativity? | Sir Ken Robinson | TED* [Video recording]. <https://www.youtube.com/watch?v=iG9CE55wbY>
- 5 Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers college record*, 108(6), 1017-1054.
- 6 Angeli, C., & Valanides, N. (Eds.). (2014). *Technological Pedagogical Content Knowledge: Exploring, Developing, and Assessing TPACK* (1st ed.). Springer New York. <https://doi.org/10.1007/978-1-4899-8080-9>
- 7 Káta, Z. (2014). ALGO-RYTHMICS: Science and art without ethnic borders. *Proceedings of the 2014 Conference on Innovation & Technology in Computer Science Education*, 329. <https://doi.org/10.1145/2591708.2602684>
- 8 Káta, Z., Toth, L., & Adorjani, A. K. (2014). Multi-Sensory Informatics Education. *Informatics in Education*, 13(2), 225–240. <https://doi.org/10.15388/infedu.2014.13>
- 9 Káta, Z., Osztian, E., & Lőrincz, B. (2021). *Investigating the Computational Thinking Ability of Young School Students Across Grade Levels in Two Different Types of Romanian Educational Institutions*. <https://doi.org/10.7821/naer.2021.7.640>
- 10 Káta, Z., & Osztian, E. (2021). Improving AlgoRhythmics Teaching-Learning Environment by Asking Questions. *International Journal of Instruction*, 14(2), 27–44. <https://doi.org/10.29333/iji.2021.1423a>
- 11 Káta, Z., & Osztian, E. (2022). Visualizing Algorithms: Schematic Computer Animations versus Realistic Dance Choreography Illustrations. *Acta Polytechnica Hungarica*, 19(1), 193–210. <https://doi.org/10.12700/APH.19.1.2022.19.12>
- 12 Káta, Z., & Osztian, E. (2023). Learning computer algorithms through dynamic visualizations: Benefits of ‘AlgoRhythmics’ videos. *Journal of Computer Assisted Learning*, 39(6), 2035–2046. <https://doi.org/10.1111/jcal.12864>

- 13 *AlgoRhythmics*. (2011). YouTube. <https://www.youtube.com/channel/UCIqiLefbVHsOA-XDAxQJH7Xw>
- 14 Osztian, P.-R., Katali, Z., Osztian, E., & Vekov, G.-K. (2017). Algoritmitika és művészet, avagy kupacrendezés kalotaszegi módra. *Energetika-Elektrotechnika – Számítástechnika És Oktatás Multi-Konferencia*, 199–203.
- 15 Osztian, P.-R., Katali, Z., & Osztian, E. (2021). AlgoRhythmics online oktatási környezet: AlgoRhythmics online learning environment. *Energetika-Elektrotechnika – Számítástechnika És Oktatás Multi-Konferencia*, 70–80.
- 16 Osztian, P.-R., Katali, Z., & Osztian, E. (2020). Algorithm Visualization Environments: Degree of interactivity as an influence on student-learning. *2020 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, 1–8. <https://doi.org/10.1109/FIE44824.2020.9273892>
- 17 Martín-Páez, T., Aguilera, D., Perales-Palacios, F. J., & Vélchez-González, J. M. (2019). What are we talking about when we talk about STEM education? A review of literature. *Science Education*, 103(4), 799–822. <https://doi.org/10.1002/scs.21522>
- 18 Holmlund, T. D., Lesseig, K., & Slavitt, D. (2018). Making sense of “STEM education” in K-12 contexts. *International Journal of STEM Education*, 5(1), 32. <https://doi.org/10.1186/s40594-018-0127-2>
- 19 Scherer, L., & Leshner, A. (2018). *Graduate STEM education for the 21st century*. National Academies Press. <https://books.google.com/stem>
- 20 Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33–35. <https://doi.org/10.1145/1118178.1118215>
- 21 Mohaghegh, D. M., & McCauley, M. (2016). *Computational thinking: The skill set of the 21st century*. <https://www.researchbank.ac.nz/20160703104.pdf>
- 22 Bechtel, W. (2017). Diagrammatic Reasoning. In L. Magnani & T. Bertolotti (Eds.), *Springer Handbook of Model-Based Science* (pp. 605–618). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-30526-4_27
- 23 Osztian, P. R., Katali, Z., Sántha, Á., & Osztian, E. (2022). Investigating the AlgoRhythmics YouTube channel: The Comment Term Frequency Comparison social media analytics method. *Acta Universitatis Sapientiae, Informatica*, 14(2), 273–301. <https://doi.org/10.2478/ausi-2022-0016>
- 24 Mayer, R. E. (2005). Principles of multimedia learning based on social cues: Personalization, voice, and image principles. *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*, 201–212

- 25 Yeats, W. B. (2012). *Education is not the filling of a pail, but the lighting of a fire*. <https://www.learninglinks.org.au/wp-content/uploads/2023/03/Learning-Links-2018-19-Impact-Report-and-Financials.pdf>
- 26 Xie, Y., Fang, M., & Shauman, K. (2015). STEM Education. *Annual Review of Sociology*, 41(1), 331–357. <https://doi.org/10.1146/annurev-soc-071312-145659>
- 27 Gonzalez, H. B., & Kuenzi, J. J. (2012). *Science, technology, engineering, and mathematics (STEM) education: A primer*. https://www2.law.umaryland.edu/marshall/crsreports/crsdocuments/R42642_04052013.pdf
- 28 Swaid, S. I. (2015). Bringing computational thinking to STEM education. *Procedia Manufacturing*, 3, 3657–3662.
- 29 Gates, P. (2018). The Importance of Diagrams, Graphics and Other Visual Representations in STEM Teaching. In R. Jorgensen & K. Larkin (Eds.), *STEM Education in the Junior Secondary* (pp. 169–196). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-10-5448-8_9
- 30 Papert, S. (1993). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas* (2nd edition). Basic Books
- 31 Lodi, M., & Martini, S. (2021). Computational Thinking, Between Papert and Wing. *Science & Education*, 30(4), 883–908. <https://doi.org/10.1007/s11191-021-00202-5>
- 32 Aho, A. V. (2012). Computation and computational thinking. *The Computer Journal*, 55(7), 832–835. <https://doi.org/doi:10.1093/comjnl/bxs074>
- 33 Shute, V. J., Sun, C., & Asbell-Clarke, J. (2017). Demystifying computational thinking. *Educational Research Review*, 22, 142–158. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2017.09.003>
- 34 Csizmadia, A., Curzon, P., Dorling, M., Humphreys, S., Ng, T., Selby, C., & Woollard, J. (2015). *Computational thinking-A guide for teachers*. <https://eprints.soton.ac.uk/424545>
- 35 Katai, Z., Oszian, E., & Lorincz, B. (2021). *Investigating the computational thinking ability of young school students across grade levels in two different types of Romanian educational institutions*. <https://doi.org/10.7821/naer.2021.7.640>
- 36 Tylén, K., Fusaroli, R., Bjørndahl, J. S., Raczaszek-Leonardi, J., Østergaard, S., & Stjernfelt, F. (2014). Diagrammatic reasoning: Abstraction, interaction, and insight. *Pragmatics & Cognition*, 22(2), 264–283. <https://doi.org/10.1075/pc.22.2.06tyl>

- 37 Giardino, V. (2017). Diagrammatic Reasoning in Mathematics. In L. Magnani & T. Bertolotti (Eds.), *Springer Handbook of Model-Based Science* (pp. 499–522). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-30526-4_22
- 38 Hoffmann, M. H. G. (2011). Cognitive conditions of diagrammatic reasoning. *Semiotica*, 2011(186). <https://doi.org/10.1515/semi.2011.052>
- 39 Sowa, J. F. (2020). Natural logic is diagrammatic reasoning about mental models. *Procedia Computer Science*, 169, 31–45. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.02.217>
- 40 Peirce, C. S. (1868). Questions concerning certain faculties claimed for man. *The Journal of Speculative Philosophy*, 2(2), 103–114.
- 41 Pólya, G. (1959). Heuristic Reasoning in the Theory of Numbers. *The American Mathematical Monthly*, 66(5), 375–384. <https://doi.org/10.1080/00029890.1959.11989304>
- 42 Stieff, M., Hegarty, M., & Dixon, B. (2010). Alternative Strategies for Spatial Reasoning with Diagrams. In A. K. Goel, M. Jamnik, & N. H. Narayanan (Eds.), *Diagrammatic Representation and Inference* (Vol. 6170, pp. 115–127). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-14600-8_13
- 43 Stieff, M. (2011). When is a molecule three dimensional? A task-specific role for imagistic reasoning in advanced chemistry. *Science Education*, 95(2), 310–336. <https://doi.org/10.1002/sce.20427>
- 44 Kiernan, N. A., Manches, A., & Seery, M. K. (2021). The role of visuospatial thinking in students' predictions of molecular geometry. *Chemistry Education Research and Practice*, 22(3), 626–639. <https://doi.org/10.1039/d0rp00354a>
- 45 Latour, B. (1990). Technology is Society Made Durable. *The Sociological Review*, 38(1_suppl), 103–131. <https://doi.org/10.1111/j.1467-954X.1990.tb03350.x>
- 46 Baran, E., Bilici, S. C., Mesutoglu, C., & Ocak, C. (2016). Moving STEM beyond schools: Students' perceptions about an out-of-school STEM education program. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 4(1), 9–19. <https://doi.org/10.18404/ijemst.71338>
- 47 INSTITUTUL, D. Ș. A. E. (2016). *Repere pentru proiectarea, actualizarea și evaluarea curriculumului național document de politici educaționale*. https://www.edu.ro/sites/default/files/DPC_31.10.19_consultare.pdf
- 48 States, N. L. (2013). *Next generation science standards: For states, by states* (Vol. 1). National Academies Press. <https://books.google.com/nextgeneration>

- 49 Wing, J. (2017). Computational thinking's influence on research and education for all. *Italian Journal of Educational Technology*, 25(2), 7–14.
- 50 Weintrop, D., Beheshti, E., Horn, M., Orton, K., Jona, K., Trouille, L., & Wilensky, U. (2016). Defining Computational Thinking for Mathematics and Science Classrooms. *Journal of Science Education and Technology*, 25(1), 127–147. <https://doi.org/10.1007/s10956-015-9581-5>
- 51 Wilkerson, M. H., & Fenwick, M. (2017). Using mathematics and computational thinking. *Helping Students Make Sense of the World Using next Generation Science and Engineering Practices*, 181–204.
- 52 Hutchins, N. M., Biswas, G., Maróti, M., Lédeczi, Á., Grover, S., Wolf, R., Blair, K. P., Chin, D., Conlin, L., Basu, S., & McElhaney, K. (2020). C2STEM: A System for Synergistic Learning of Physics and Computational Thinking. *Journal of Science Education and Technology*, 29(1), 83–100. <https://doi.org/10.1007/s10956-019-09804-9>
- 53 Chongo, S., Osman, K., & Nayan, N. A. (2021). Impact of the Plugged-in and Unplugged Chemistry Computational Thinking Modules on Achievement in Chemistry. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 17(4). <https://doi.org/10.29333/ejmste/10789>
- 54 Brackmann, C. P., Román-González, M., Robles, G., Moreno-León, J., Casali, A., & Barone, D. (2017). Development of Computational Thinking Skills through Unplugged Activities in Primary School. *Proceedings of the 12th Workshop on Primary and Secondary Computing Education*, 65–72. <https://doi.org/10.1145/3137065.3137069>
- 55 Mannila, L., Dagiene, V., Demo, B., Grgurina, N., Mirolo, C., Rolandsson, L., & Settle, A. (2014). Computational Thinking in K-9 Education. *Proceedings of the Working Group Reports of the 2014 on Innovation & Technology in Computer Science Education Conference*, 1–29. <https://doi.org/10.1145/2713609.2713610>
- 56 Lye, S. Y., & Koh, J. H. L. (2014). Review on teaching and learning of computational thinking through programming: What is next for K-12? *Computers in Human Behavior*, 41, 51–61. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2014.09.012>
- 57 Tikva, C., & Tambouris, E. (2021). Mapping computational thinking through programming in K-12 education: A conceptual model based on a systematic literature Review. *Computers & Education*, 162, 104083. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.104083>
- 58 Sochański, M. (2018). What is Diagrammatic Reasoning in Mathematics? *Logic and Logical Philosophy*, 27(4), Article 4. <https://doi.org/10.12775/LLP.2018.001>

- 59 Novak, G. S. (1977). Representations of Knowledge in a Program for Solving Physics Problems. *IJCAI*, 5, 286–291. <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?doi=a2d7ec2ff9afdcdd67abcdff27dd7fb44b73007>
- 60 Turing, A. M. (1950). I. - Computing machinery and intelligence. *Mind*, LIX(236), 433–460. <https://doi.org/10.1093/mind/LIX.236.433>
- 61 Káta, Z. (2014). Intercultural computer science education. *Proceedings of the 2014 Conference on Innovation & Technology in Computer Science Education - ITiCSE '14*, 183–188. <https://doi.org/10.1145/2591708.2591744>
- 62 Shaffer, C. A., Cooper, M. L., Alon, A. J. D., Akbar, M., Stewart, M., Ponce, S., & Edwards, S. H. (2010). Algorithm Visualization: The State of the Field. *ACM Transactions on Computing Education*, 10(3), 1–22. <https://doi.org/10.1145/1821996.1821997>
- 63 Leahy, W., & Sweller, J. (2011). Cognitive load theory, modality of presentation and the transient information effect. *Applied Cognitive Psychology*, 25(6), 943–951. <https://doi.org/10.1002/acp.1787>
- 64 Ainsworth, S., & VanLabeke, N. (2004). Multiple forms of dynamic representation. *Learning and Instruction*, 14(3), 241–255. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2004.06.002>
- 65 Stenning, K., & Monaghan, P. (1998). Linguistic and graphical representations and the characterisation of individual differences. *Spatial Cognition*, 299–313. <https://www.torrossa.com/gs/resourceProxy?an=5016630&publisher=FZ4850#page=316>
- 66 Wong, A., Leahy, W., Marcus, N., & Sweller, J. (2012). Cognitive load theory, the transient information effect and e-learning. *Learning and Instruction*, 22(6), 449–457.
- 67 Káta, Z., & Osztian, E. (2022). Visualizing algorithms: Schematic computer animations versus realistic dance choreography illustrations. *Acta Polytechnica Hungarica*, 19(1), 1.
- 68 Boucheix, J.-M., & Forestier, C. (2017). Reducing the transience effect of animations does not (always) lead to better performance in children learning a complex hand procedure. *Computers in Human Behavior*, 69, 358–370. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.12.029>
- 69 Rekik, G., Khacharem, A., Belkhir, Y., Bali, N., & Jarraya, M. (2019). The instructional benefits of dynamic visualizations in the acquisition of basketball tactical actions. *Journal of Computer Assisted Learning*, 35(1), 74–81. <https://doi.org/10.1111/jcal.12312>
- 70 De Koning, B. B., & Tabbers, H. K. (2011). Facilitating Understanding of Movements in Dynamic Visualizations: An Embodied Perspective. *Educational Psychology Review*, 23(4), 501–521. <https://doi.org/10.1007/s10648-011-9173-8>

- 71 Bergner, Y., Mund, S., Chen, O., & Payne, W. (2021). Leveraging interest-driven embodied practices to build quantitative literacies: A case study using motion and audio capture from dance. *Educational Technology Research and Development*, 69(4), 2013–2036. <https://doi.org/10.1007/s11423-020-09804-2>
- 72 Lan, Y.-J., Fang, W.-C., Hsiao, I. Y. T., & Chen, N.-S. (2018). Real body versus 3D avatar: The effects of different embodied learning types on EFL listening comprehension. *Educational Technology Research and Development*, 66(3), 709–731. <https://doi.org/10.1007/s11423-018-9569-y>
- 73 Williams, W. R. (2019). Attending to the *visual* aspects of visual storytelling: Using art and design concepts to interpret and compose narratives with images. *Journal of Visual Literacy*, 38(1–2), 66–82. <https://doi.org/10.1080/1051144X.2019.1569832>
- 74 Kroeber, K. (2006). *Make believe in film and fiction: Visual vs. verbal storytelling*. Springer. <https://books.google.com/books/s1ZqXyQpoShnIXG2WLFycJw5Yjg>
- 75 Vachel, L. (1915). *The art of the moving picture*. The Macmillan Company. <https://dn790003.ca.archive.org/0/items/artofmovingpictu00lind/artofmoving-pictu00lind.pdf>
- 76 Bellantoni, P. (2012). *If it's purple, someone's gonna die: The power of color in visual storytelling*. Routledge. <https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.4324/9780080478418/purple-someone-gonna-die-power-color-visual-storytelling-patti-bellantoni>
- 77 Murch, W. (2001). *In the blink of an eye: A perspective on film editing* (2nd ed). Silman-James Press. <https://www.craftfilmschool.com/userfiles/files/Walter>
- 78 Edgar-Hunt, R., Marland, J., & Rawle, S. (2010). *Basics Film-Making 04: The Language of Film* (Vol. 4). Ava Publishing. <https://books.google.com/books?bx12NedFbjmDv-CdYGi8H6f-RmGs>
- 79 Bordwell, D., Thompson, K., & Smith, J. (2010). *Film art: An introduction* (Vol. 7). McGraw-Hill New York. http://editaisdesenv.prppg.ufrpe.br/sites/editaisdesenv.prppg.ufrpe.br/files/filefield_paths/pdf-film-art-an-introduction-david-bordwell-kristin-thompson-pdf-download-free-book-814c680.pdf
- 80 McKee, R. (1997). *Story: Substance, Structure, Style and the Principles of Screenwriting* (1st edition). ReganBooks.

- 81 Jenkins, H. (2006). *Convergence Culture: Where Old and New Media Collide*. NYU Press.
<https://www.jstor.org/stable/j.ctt9qffwr>
- 82 Veenstra, A., Meers, P., & Biltreyst, D. (2020). Structured film-viewing preferences and practices: A quantitative analysis of hierarchies in screen and content selection among young people in Flanders. *Digital Peripheries: The Online Circulation of Audiovisual Content from the Small Market Perspective*, 227–244. https://doi.org/10.1007/978-3-030-44850-9_13
- 83 Droba, D. D. (1933). The Nature of Attitude. *The Journal of Social Psychology*, 4(4), 444–463. <https://doi.org/10.1080/00224545.1933.9919338>
- 84 Gawronski, B. (2007). Editorial: Attitudes can be Measured! But What is an Attitude? *Social Cognition*, 25(5), 573–581. <https://doi.org/10.1521/soco.2007.25.5.573>
- 85 Schwarz, N. (2008). Attitude measurement. *Attitudes and Attitude Change*, 3, 41–60.
- 86 Maze, J. R. (2011). The concept of attitude. In *Realism and psychology* (pp. 183–230). Brill.
<https://brill.com/downloadpdf/book/edcoll/9789004194878/B9789004194878-s007.pdf>
- 87 Davis, F. D. (1989). Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information technology. *MIS Quarterly*. <https://doi.org/10.2307/249008>
- 88 Altin Gumussoy, C., Kaya, A., & Ozlu, E. (2018). Determinants of Mobile Banking Use: An Extended TAM with Perceived Risk, Mobility Access, Compatibility, Perceived Self-efficacy and Subjective Norms. In F. Calisir & H. Camgoz Akdag (Eds.), *Industrial Engineering in the Industry 4.0 Era* (pp. 225–238). Springer International Publishing.
https://doi.org/10.1007/978-3-319-71225-3_20
- 89 Dogruel, L., Joeckel, S., & Bowman, N. D. (2015). The use and acceptance of new media entertainment technology by elderly users: Development of an expanded technology acceptance model. *Behaviour & Information Technology*, 34(11), 1052–1063.
<https://doi.org/10.1080/0144929X.2015.1077890>
- 90 Ajzen, I. (1985). From Intentions to Actions: A Theory of Planned Behavior. In J. Kuhl & J. Beckmann (Eds.), *Action Control* (pp. 11–39). Springer Berlin Heidelberg.
https://doi.org/10.1007/978-3-642-69746-3_2
- 91 Ajzen, I. (1991). The Theory of Planned Behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 50, 179–211. [https://doi.org/10.1016/0749-5978\(91\)90020-T](https://doi.org/10.1016/0749-5978(91)90020-T)
- 92 Venkatesh, V., & Davis, F. D. (2000). A Theoretical Extension of the Technology Acceptance Model: Four Longitudinal Field Studies. *Management Science*, 46(2), 186–204.
<https://doi.org/10.1287/mnsc.46.2.186.11926>

- 93 Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B., & Davis, F. D. (2003). User acceptance of information technology: Toward a unified view. *MIS Quarterly*, 425–478. <https://doi.org/10.2307/30036540>
- 94 Kasilingam, D. L. (2020). Understanding the attitude and intention to use smartphone chatbots for shopping. *Technology in Society*, 62, 101280. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2020.101280>
- 95 Lau, S., & Woods, P. C. (2008). An investigation of user perceptions and attitudes towards learning objects. *British Journal of Educational Technology*, 39(4), 685–699. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2007.00770.x>
- 96 Teo, T. (2010). A path analysis of pre-service teachers' attitudes to computer use: Applying and extending the technology acceptance model in an educational context. *Interactive Learning Environments*, 18(1), 65–79. <https://doi.org/10.1080/10494820802231327>
- 97 Kim, C., Mirusmonov, M., & Lee, I. (2010). An empirical examination of factors influencing the intention to use mobile payment. *Computers in Human Behavior*, 26(3), 310–322. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2009.10.013>
- 98 Davis, F. D., Bagozzi, R. P., & Warshaw, P. R. (1992). Extrinsic and Intrinsic Motivation to Use Computers in the Workplace¹. *Journal of Applied Social Psychology*, 22(14), 1111–1132. <https://doi.org/10.1111/j.1559-1816.1992.tb00945.x>
- 99 Agag, G. M., Khashan, M. A., & ElGayaar, M. H. (2019). Understanding online gamers' intentions to play games online and effects on their loyalty: An integration of IDT, TAM and TPB. *Journal of Customer Behaviour*, 18(2), 101–130.
- 100 Giovanis, A. N., Biniaris, S., & Polychronopoulos, G. (2012). An extension of TAM model with IDT and security/privacy risk in the adoption of internet banking services in Greece. *EuroMed Journal of Business*, 7(1), 24–53. <https://doi.org/10.1108/14502191211225365>
- 101 Rogers, E. M. (2003). *Diffusion of Innovations, 5th Edition* (5th ed.). Free Press. <https://www.perlego.com/book/780731>
- 102 Tornatzky, L., & Klein, K. (1982). Innovation Characteristics and Innovation-Adoption-Implementation: A Meta-analysis of findings. *Engineering Management, IEEE Transactions On, EM-29*. <https://doi.org/10.1109/TEM.1982.6447463>
- 103 Moore, G. C., & Benbasat, I. (1991). Development of an Instrument to Measure the Perceptions of Adopting an Information Technology Innovation. *Information Systems Research*, 2(3), 192–222. <https://doi.org/10.1287/isre.2.3.192>

- 104 Osztián, P. R., Kátai, Z., & Osztián, E. (2022). On the computational thinking and diagrammatic reasoning of first-year computer science and engineering students. *Frontiers in Education*, 7. <https://doi.org/10.3389/educ.2022.933316>
- 105 Osztián P.-R., Kátai Z., & Osztián E. (2023). *Élmény- és drámapedagógiai elemek az oktatásban*. <https://people.inf.elte.hu/szlavi/InfoDidact23/Manuscripts/OPRKZOE.pdf>
- 106 Kátai, Z., Osztián, P.-R., & Iclanzan, D. (2024). Enacting algorithms: Evolution of the algorithmics storytelling. *Education and Information Technologies*. <https://doi.org/10.1007/s10639-024-12617-y>
- 107 Newton, P., & Bristoll, H. (2023). *Diagrammatic Reasoning Practice Test 1*. <https://psychometric-success.com/test-pdfs/PsychometricSuccessDiagrammaticReasoning-PracticeTest1.pdf>
- 108 Fernandés, O. (n.d.). *Psychometric Assessment and Its Impact on Human Resource Practices*. http://www.cutn.sk/Library/proceedings/mch_2015/editovane_prispevky/7.%20Fernandes_Psychometric.pdf
- 109 Bressler, M. S. (2014). *Building the winning organization through high-impact hiring*. 15. <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?doi=165e5263e354564854993618796d9eb1b9bb3cc8>
- 110 Mirabueno, J. A. S., & Boyon, M. C. L. (2019). Senior high school academic progression in mathematics. *PEOPLE: International Journal of Social Sciences*, 5(3), Article 3. <https://doi.org/10.20319/pijss.2020.53.840849>
- 111 Newton, P., & Bristoll, H. (2011). *Spatial Ability Practice Test 1*. <https://psychometric-success.com/test-pdfs/PsychometricSuccessSpatialAbility-PracticeTest1-8ede.pdf>
- 112 Tóth, P., Horváth, K., & Kéri, K. (2021). Development Level of Engineering Students' Inductive Thinking. *Acta Polytechnica Hungarica*, 18(5), 107–129. <https://doi.org/10.12700/APH.18.5.2021.5.8>
- 113 Bebras. (n.d.). <https://www.bebras.org/>
- 114 Dagienė, V., & Sentance, S. (2016). It's Computational Thinking! Bebras Tasks in the Curriculum. In A. Brodnik & F. Tort (Eds.), *Informatics in Schools: Improvement of Informatics Knowledge and Perception* (Vol. 9973, pp. 28–39). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-46747-4_3
- 115 Hubwieser, P., & Mühling, A. (2015). Investigating the Psychometric Structure of Bebras Contest: Towards Mesuring Computational Thinking Skills. *2015 International Conference*

- on Learning and Teaching in Computing and Engineering, 62–69.
<https://doi.org/10.1109/LaTiCE.2015.19>
- 116 Placing Event-Action-based Visual Programming in the Process of Computer Science Education. (2019). *Acta Polytechnica Hungarica*, 16(2).
<https://doi.org/10.12700/APH.16.2.2019.2.3>
- 117 Tang, X., Yin, Y., Lin, Q., & Hadad, R. (2018). *Making Computational Thinking Evident: A Validation Study of a Computational Thinking Test*. AERA Online Paper Repository.
- 118 *E-Hód | HÓDítsd meg a biteket!* (n.d.). <http://e-hod.elte.hu/>
- 119 Pluhár, Z., & Gellér, B. (2018). International Informatic Challenge in Hungary. In M. E. Auer, D. Guralnick, & I. Simonics (Eds.), *Teaching and Learning in a Digital World* (Vol. 716, pp. 425–435). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-73204-6_47
- 120 Pluhár Z., Torma H., & Törley G. (2019). *Hallgatói teljesítményértékelés az algoritmikus gondolkodás tükrében* (Szlávi P. & Zsakó L., Eds.; pp. 1–10). Webdidaktika Alapítvány. <https://people.inf.elte.hu/szlavi/InfoDidact18/Manuscripts/PZsTHTG.pdf>
- 121 *Bebras Solution Guide Australia*. (2021). <https://www.amt.edu.au/wp-content/uploads/2024/02/Bebras-Solutions-Guide-2021-R2-Secondary.pdf>
- 122 *Bebras Solution Guide Australia*. (2016). <https://www.amt.edu.au/wp-content/uploads/2024/02/2016-Bebras-Solution-Guide-AU.pdf>
- 123 Falkner, N., Sooriamurthi, R., & Michalewicz, Z. (2010). Puzzle-Based Learning for Engineering and Computer Science. *Computer*, 43(4), 20–28. Computer.
<https://doi.org/10.1109/MC.2010.113>
- 124 Dodig-Crnkovic, G., & Cicchetti, A. (2017). Computational Aspects of Model-Based Reasoning. In L. Magnani & T. Bertolotti (Eds.), *Springer Handbook of Model-Based Science* (pp. 695–718). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-30526-4_32
- 125 Giere, R. N. (2002). Models as Parts of Distributed Cognitive Systems. In L. Magnani & N. J. Nersessian (Eds.), *Model-Based Reasoning* (pp. 227–241). Springer US.
https://doi.org/10.1007/978-1-4615-0605-8_13
- 126 Wolfram, S. (2016). *A New Kind of Science* (Vol. 5). Wolfram Media, Inc.
- 127 Wan, X., Zhou, X., Ye, Z., Mortensen, C. K., & Bai, Z. (2020). SmileyCluster: Supporting accessible machine learning in K-12 scientific discovery. *Proceedings of the Interaction Design and Children Conference*, 23–35. <https://doi.org/10.1145/3392063.3394440>

- 128 Passey, D. (2017). Computer science (CS) in the compulsory education curriculum: Implications for future research. *Education and Information Technologies*, 22(2), 421–443. <https://doi.org/10.1007/s10639-016-9475-z>
- 129 Voogt, J., Fisser, P., Good, J., Mishra, P., & Yadav, A. (2015). Computational thinking in compulsory education: Towards an agenda for research and practice. *Education and Information Technologies*, 20(4), 715–728. <https://doi.org/10.1007/s10639-015-9412-6>
- 130 Grover, S., & Pea, R. (2013). Computational Thinking in K–12: A Review of the State of the Field. *Educational Researcher*, 42(1), 38–43. <https://doi.org/10.3102/0013189X12463051>
- 131 Brennan, K., & Resnick, M. (2012). *New frameworks for studying and assessing the development of computational thinking*. American Educational Research Association meeting, Vancouver, BC, Canada. <https://scratched.gse.harvard.edu/ct/files/AERA2012.pdf>
- 132 Basogain, X., Olabe, M. Á., Olabe, J. C., & Rico, M. J. (2018). Computational Thinking in pre-university Blended Learning classrooms. *Computers in Human Behavior*, 80, 412–419. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.04.058>
- 133 Gjølsten, B. K., Bergersen, G. R., Sjøberg, D. I. K., & Cutts, Q. (2021). No Gender Difference in CS1 Grade for Students with Programming from High School: An Exploratory Study. *Proceedings of the 21st Koli Calling International Conference on Computing Education Research*, 1–5. <https://doi.org/10.1145/3488042.3488071>
- 134 Uttal, D. H., Meadow, N. G., Tipton, E., Hand, L. L., Alden, A. R., Warren, C., & Newcombe, N. S. (2013). The malleability of spatial skills: A meta-analysis of training studies. *Psychological Bulletin*, 139(2), 352–402. <https://doi.org/10.1037/a0028446>
- 135 Wang, M.-T., & Degol, J. L. (2017). Gender Gap in Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM): Current Knowledge, Implications for Practice, Policy, and Future Directions. *Educational Psychology Review*, 29(1), 119–140. <https://doi.org/10.1007/s10648-015-9355-x>
- 136 Thelwall, M. (2018). Social media analytics for YouTube comments: Potential and limitations. *International Journal of Social Research Methodology*, 21(3), 303–316. <https://doi.org/10.1080/13645579.2017.1381821>
- 137 Reinartz, W., Haenlein, M., & Henseler, J. (2009). An empirical comparison of the efficacy of covariance-based and variance-based SEM. *International Journal of Research in Marketing*, 26(4), 332–344. <https://doi.org/10.1016/j.ijresmar.2009.08.001>

- 138 Höffler, T. N., & Leutner, D. (2007). Instructional animation versus static pictures: A meta-analysis. *Learning and Instruction*, 17(6), 722–738. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2007.09.013>
- 139 Han, J., Chernyshov, G., Sugawa, M., Zheng, D., Hynds, D., Furukawa, T., Padovani Macieira, M., Marky, K., Minamizawa, K., Ward, J. A., & Kunze, K. (2023). Linking Audience Physiology to Choreography. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, 30(1), 1–32. <https://doi.org/10.1145/3557887>
- 140 Chiu, C.-J., Hu, Y.-H., Lin, D.-C., Chang, F.-Y., Chang, C.-S., & Lai, C.-F. (2016). The attitudes, impact, and learning needs of older adults using apps on touchscreen mobile devices: Results from a pilot study. *Computers in Human Behavior*, 63, 189–197. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.05.020>

8 Mellékletek

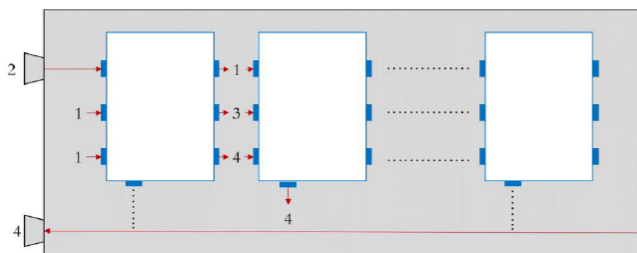
8.1 Számítógépes gondolkodás teszt

I. Számológép

A jelenkor tudósai építettek egy új számológépet, mely a következőképpen működik:

- Megadunk egy számot bemenetként és visszakapunk egy másikat
- A számológép belsejében kisebb számológységek dolgoznak. Mindegyik egység három számot (a, b és c) kap bemenetként és a következő lépéseket hajtja végre:
 - ha „a” egyenlő 1, akkor visszaadja a „c”-t mint eredményt
 - különben a következőket teszi
 - csökkenti „a”-t eggyel és az eredményt átadja a következő egység „a” bemenetére;
 - növeli „b”-t kettővel és az eredményt átadja a következő egység „b” bemenetére;
 - összeadja „c”-t a megnövelt „b”-vel, és az eredményt kiadja a következő egység „c” bemenetére.

Amikor a számológépnek megadunk egy számot, az az első számológység első (a) bemenetére kerül. A számológység másik két bemenete (b és c) pedig 1-et kap. Amint az egyik számológység eredményt ad vissza, ezt a számot kiadja a számológép, mint eredményt. A képen látható mi történik, amikor 2-t adunk meg a számológépnek. Ilyenkor két számológységet használ és 4-et ad vissza.



Kérdések:

1. Ha a számológépnek 4-et adunk bemenetként, milyen számot kapunk vissza?
 - a. 4
 - b. 10
 - c. 16
 - d. 20
2. Ha a számológépnek 7-et adunk bemenetként, milyen számot kapunk vissza?
 - a. 7
 - b. 21
 - c. 49
 - d. 70
3. Mi a következő művelet sor eredménye, ha a számológép(n) meghívás visszaadja a számológép által kiszámolt eredményt az n értékű bemenetre:
 $\text{számológép}(2) * \text{számológép}(6) - \text{számológép}(3) * \text{számológép}(4)$
 - a. 0
 - b. 1
 - c. 10
 - d. 14
4. Általánosítás: mit ad vissza a számológép, ha N-et adunk bemenetként?
Eredmény:

II. Hőterkép

Egy gép a következő képeket, mint I, T, O, C és L betűket ismeri fel.



Mind az öt képhez egy „Különbségkártyát” állít elő. A különbségkártya az adott kép minden képpontjához egy értéket rendel. Az érték azt mutatja meg, hogy a többi kép esetében hánynál szerepel az adott helyen ugyanaz a képpont. A 0-s azt jelenti, hogy egy képnél sem szerepel ugyanazon a helyen ugyanaz a képpont, az 1-es érték azt jelenti, hogy egy képnél szerepel ugyanazon a helyen ugyanaz a képpont, a 2-es esetében két helyen, stb. Például az I betű esetében a következő különbségkártyát kapjuk:

0	3	1
1	1	3
1	4	1

Kérdések:

1. Melyik kép különbségkártyája a következő:

- a. T
- b. O
- c. C
- d. L

3	3	2
2	2	0
2	4	2

2. Melyik kép különbségkártyája a következő:

- a. T
- b. O
- c. C
- d. L

3	0	1
2	2	3
2	4	2

3. Melyik különbségkártya nem tartozik egyik betűhöz sem a felsoroltak közül?

a.

3	3	2
1	1	3
1	4	1

b.

3	3	1
2	2	3
2	4	2

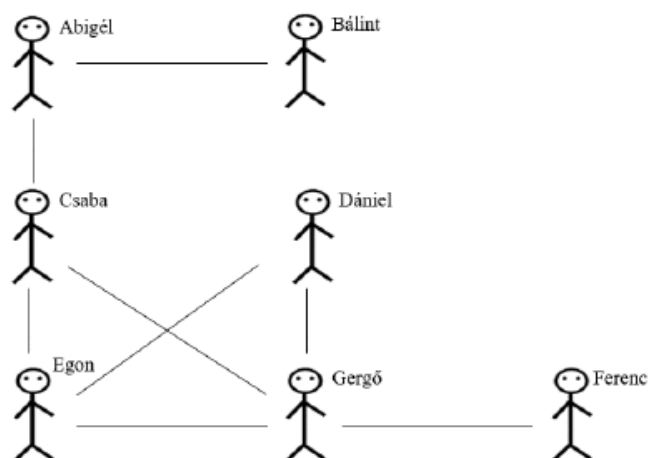
c.

3	3	2
2	2	3
2	4	3

III. Népszerűség

A barátságok kezelésére több, jelenleg elterjedt szociális háló szolgál segítségül. Ezekkel lehetővé teszik például, hogy egy más oldalra írt bejegyzést több felhasználó lásson. Ezzel a lehetőséggel élve, hét kisdíák regisztrált egy online hálózatra.

Az alábbi kép, a hálózaton belüli baráti kapcsolatokat szemlélteti: a barátok egy vonallal vannak összekötve. Minden kisdíák egy-egy mottóval mutatkozott be, melyet megosztott a barátaival a hálózaton. Így a barátaik oldalán is megjelent a mottó. Minden kisdíák a saját oldalán és a barátaik oldalán lévő mottókat látja.



Kérdések:

1. Kik láthatják a Dániel mottóját?
 - a. Egon és Gergő
 - b. Csaba, Ferenc, Egon és Gergő
 - c. Egon, Csaba, Abigél és Bálint
2. Hány olyan kisdíák van, akiknek a mottóját pontosan 4 kisdíák láthatja?
 - a. 3
 - b. 0
 - c. 4
3. Ha Csaba és Gergő barátsága felbomlik, és Csaba nem szeretné, ha Gergő továbbra is látná az bejegyzéseit, mit kell tennie?
 - a. Semmit, mert Csaba nem láthatja az üzeneteit
 - b. Fel kell bontania az Egonnal való barátságát
 - c. Új barátokat kell szereznie

8.2 Eredeti feladatok az e-hód online felületről:

HÍVÍTSD MEG A BITEKET - 2020-AS FELADATSOR

SZÁMOLÓGÉP (2020-DE-06A)

SZÁMOLÓGÉP (2020-DE-06A)

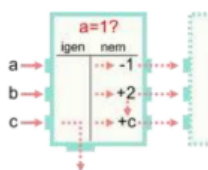
JUNIOR - NEHÉZ

SENIOR - KÖZEPES

A hódok építettek egy számológépet. Megadunk neki egy számot bemenetként és visszakapunk egy másikat.

A számológép belsejében kisebb számolóegységek dolgoznak. Mindegyik egység három számot (a, b és c) kap bemenetként és a következő lépéseket hajtja végre:

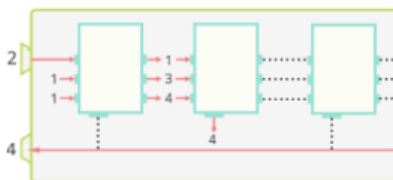
- ha „a” egyenlő 1, akkor visszaadja a „c”-t mint eredményt
- különben a következőket teszi
 - csökkenti „a”-t eggyel és az eredményt átadja a következő egység „a” bemenetére;
 - növeli „b”-t kettővel és az eredményt átadja a következő egység „b” bemenetére;
 - összeadja „c”-t a megnövelt „b”-vel, és az eredményt kiadja a következő egység „c” bemenetére.



Amikor a számológépnek megadunk egy számot, az az első számolóegység első (a) bemenetére kerül.

A számolóegység másik két bemenete (b és c) pedig 1-et kap. Amint az egyik számolóegység eredményt ad vissza, ezt a számot kiadja a számológép, mint eredményt.

A képen látható mi történik, amikor 2-t adunk meg a számológépnek. Ilyenkor két számolóegységet



használ és 4-et ad vissza.

Ha a számológépnek 4-et adunk bemenetként, milyen számot kapunk vissza?



HŐTÉRKÉP (2020-DE-02)

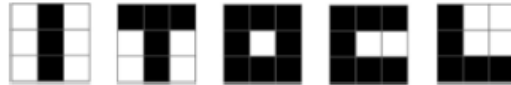
KADÉ-T - NEHÉZ

JUNIOR - KÖZEPES

SENIOR - KÖNNYŰ

Egy gép a következő képeket, mint I, T, O, C és L betűket ismeri fel.

Ehhez mind az öt képhez egy „különbségkártyát” állít elő.



A különbségkártya az adott kép minden képpontjához egy színt rendel. A szín azt mutatja meg, hogy a többi kép esetében hánynál szerepel az adott helyen ugyanaz a képpont.

Minél világosabb egy szín a különbségkártyán, annál fontosabb az ezzel jelölt képpont a különbségek megadásánál.

Szín	Ennyi képnél szerepel ugyanazon a helyen ugyanaz a képpont
	Egy sem (0)
	1
	2
	3
	Mind (4)

Például a képnek ez lesz a különbségkártyája:

Melyik kép különbségkártyája a következő: ?

A)

B)

C)

D)





HÓDítsd meg a biteket

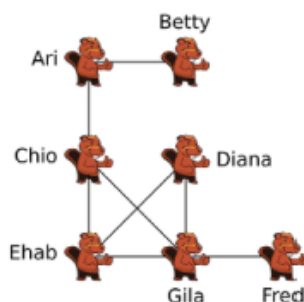
2015-ös e-HÓD feladatsor

Népszerűség

(2015-CA-01)

Junior - Nehéz, Senior - Közepes

Hét hód regisztrált egy online hálózatra. A kép azt mutatja, a hálózaton belül mely hódok "barátok": a barátok egy vonallal vannak összekötve. A nyári szünet után minden hód megosztott egy fotót a barátaival a hálózaton. Így a barátaik oldalán is megjelent a fénykép. Minden hód a saját oldalán és a barátaik oldalán lévő fotókat látja.



Kinek a fényképét látja a legtöbb hód?

A	Ari
B	Chio
C	Ehab
D	Gila

8.3 Beszúró- és shell rendezéshez tartozó kérdéssor

Felvezető kérdések:

- Egyéni azonosító.
- Melyik vizualizációval tanulnál a legszívesebben?
- Milyen módszerrel tanulsz most (animáció, tánc, színészi játék)?

Első felvonás: beszúró rendezés:

Az alábbi 9 kérdés a beszúró rendezési algoritmusra vonatkozik!

- Adott a következő 7 elemű számsorozat: 1, 19, 7, 8, 12, 11, 9. Melyik két szám kerül először összehasonlításra? Írd be a két számot egy szóközzel elválasztva.
- Adott a következő 7 elemű számsorozat: 1, 19, 7, 8, 12, 11, 9. Melyik két szám kerül először kicserélésre? Írd be a két számot egy szóközzel elválasztva.
- Adott a következő 7 elemű számsorozat: 1, 19, 7, 8, 12, 11, 9. Milyen művelet fog következni a 19-es és a 12-es számok összehasonlítása után? (összehasonlítás/csere)
- Adott a következő 7 elemű számsorozat: 1, 19, 7, 8, 12, 11, 9. Melyik két szám kerül összehasonlításra a 19-es és 11-es számok összehasonlítása után? Írd be a két számot egy szóközzel elválasztva.
- Adott a következő 7 elemű számsorozat: 1, 19, 7, 8, 12, 11, 9. Melyik két szám kerül összehasonlításra a 11-es és 9-es számok összehasonlítása után? Írd be a két számot egy szóközzel elválasztva.
- Ha már eredetileg szigorúan növekvő sorrendben van egy 7 elemű számsorozat, hány összehasonlításra kerül sor abban az esetben, ha a számsorozatot növekvő sorrendbe rendezzük?

- Ha már eredetileg szigorúan növekvő sorrendben van egy 7 elemű számsorozat, hány cserére kerül sor abban az esetben, ha a számsorozat növekvő sorrendbe rendezzük?
- Ha már eredetileg szigorúan csökkenő sorrendben van egy 7 elemű számsorozat, hány összehasonlításra kerül sor abban az esetben, ha a számsorozatot növekvő sorrendbe rendezzük?
- Ha már eredetileg szigorúan csökkenő sorrendben van egy 7 elemű számsorozat, hány cserére kerül sor abban az esetben, ha a számsorozatot növekvő sorrendbe rendezzük?

Második felvonás: shell rendezés:

Az alábbi 9 kérdés a 3-1 shell rendezési algoritmusra vonatkozik!

- Adott a következő 7 elemű számsorozat: 1, 19, 7, 8, 12, 11, 9. Melyik két szám kerül először összehasonlításra? Írd be a két számot egy szóközzel elválasztva.
- Adott a következő 7 elemű számsorozat: 1, 19, 7, 8, 12, 11, 9. Melyik két szám kerül először kicserélésre? Írd be a két számot egy szóközzel elválasztva.
- Adott a következő 7 elemű számsorozat: 1, 19, 7, 8, 12, 11, 9. Milyen művelet következik a 7-es és a 11-es számok összehasonlítása után? (összehasonlítás/csere)
- Adott a következő 7 elemű számsorozat: 1, 19, 7, 8, 12, 11, 9. Melyik két szám kerül összehasonlításra a 8-as és 9-es számok összehasonlítása után?
- Adott a következő 7 elemű számsorozat: 1, 19, 7, 8, 12, 11, 9. Melyik két szám kerül összehasonlításra a 7-es és 8-as számok összehasonlítása után?

- Ha már eredetileg szigorúan növekvő sorrendben van egy 7 elemű számsorozat, hány összehasonlításra kerül sor abban az esetben, ha a számsorozatot növekvő sorrendbe rendezzük?
- Ha már eredetileg szigorúan növekvő sorrendben van egy 7 elemű számsorozat, hány cserére kerül sor abban az esetben, ha a számsorozatot növekvő sorrendbe rendezzük?
- Ha már eredetileg szigorúan csökkenő sorrendben van egy 7 elemű számsorozat, hány összehasonlításra kerül sor abban az esetben, ha a számsorozatot növekvő sorrendbe rendezzük?
- Ha már eredetileg szigorúan csökkenő sorrendben van egy 7 elemű számsorozat, hány cserére kerül sor abban az esetben, ha a számsorozatot növekvő sorrendbe rendezzük?

Összefoglaló kérdések:

(1-5 Likert skála)

- Milyen mértékben járult hozzá az ábrázolási mód az algoritmus megértéséhez?
- Mennyire kötötte le az ábrázolási mód a figyelmet?
- Milyen mértékben járult hozzá az ábrázolási mód a tanulási élményhez?
- Egyéb javaslatok, észrevételek megfogalmazása

8.4 Algorithmic Escape Room Movie FeedbackVisual Media Feedback

- The movie provided a high educational value.
- The learning experience deepened my understanding of the subject.
- The algorithmic strategies were clearly depicted.
- The movie provided a high entertainment value.
- The movie had a high production value.
- I appreciate as important the presence of the story-plot.
- The premise (escape room) of the movie was intriguing.
- The movie engaged my attention.
- The movie engaged my curiosity.
- The movie was expressive.
- The movie was immersive.
- The movie was creative.
- I appreciate as important the use of live-action performances.
- I appreciate as important the cut and switch of camera angles.
- I appreciate as important the mood and atmosphere of the movie.
- The pacing of the story was appropriate.
- I appreciate as important the choreography in the movie.
- I appreciate as important the depicted cinematography in the movie.
- I appreciate as important the facial expressions, body language of the actors.

- I appreciate as important the sound design, narration and sound effects present in the movie.
- The learning experience was enjoyable.
- The learning experience was exciting.
- The learning experience was pleasant.
- The learning experience was interesting.
- The learning experience was immersive.
- Using similar educational movies to learn algorithmic concepts is a good idea.
- I am positive towards using visual media to better understand algorithmic concepts.

8.4.1 Extrapolation of the learning experience

- Using such movies during a class would enable me to learn and deepen algorithmic concepts more quickly.
- Using such movies during a class would improve my learning performance and grades.
- Using such movies could help me get the most out of my time while learning.
- Using such movies may improve my knowledge.
- Using such movies would make it easier to accomplish my learning tasks.
- Using such movies would be overall beneficial.
- The use of such movies may imply major changes in how I learn.
- I think it would be easy to incorporate such movies in my learning process.

- The use of such movies is compatible with my learning habits.
- I would appreciate the availability of similar movies, learning instruments.
- If available, I would use such movies in my learning process.

8.4.2 AlgoRhythmics dance coreography illustrations

- I often use/used existing AlgoRhythmics videos in my learning process.
- Overall, the movie approach (story-line, live-acting etc.) provides a richer and more valuable learning experience than the viewing of simple videos or animations.

8.4.3 Recalling the movie content

- What was the name of the game?
- What was the scope of the game?
- How many algorithmic strategies were presented in the movie?
- What is the name of the illustrated strategies?
- What was the optimal result that needed to be produced?

9 Ábrák jegyzéke

1. ábra: Legfontosabb képességek - 2023	7
2. ábra: TPACK keretrendszer	8
3. ábra: DR teszt feladat - példa.....	32
4. ábra: Számológép feladat – bemeneti és kimeneti egységek	35
5. ábra: Hőtérkép feladat – betű reprezentáció.....	35
6. ábra: Hőtérkép feladat – I betű különbségkártyája	35
7. ábra: Népszerűség feladat – baráti kapcsolatok hálózata.....	36
8. ábra: Érettségin és CT teszten elért eredmények	42
9. ábra: Érettségi átlag és CT teszt közötti korreláció.....	44
10. ábra: Matematika érettségi jegy és CT teszt közötti korreláció	45
11. ábra: Informatika érettségi jegy és CT teszt közötti korreláció.....	46
12. ábra: Fizika érettségi jegy és CT teszt közötti korreláció	46
13. ábra: Az CTFC módszer lépéseinek menete	51
14. ábra: Hozzászólások száma algoritmusok és évek szerinti bontásban.....	53
15. ábra: YouTube csatorna forgalma.....	54
16. ábra: Videók átfogó hálózata.....	57
17. ábra: Beszűrő rendezés színészi játékkal való szemléltetése	59
18. ábra: Shell rendezés színészi játékkal való szemléltetése	59
19. ábra: Beszűrő rendezés – rejtett számsorozaton.....	60
20. ábra: A három vizualizáció ismertetése.....	64
21. ábra: Narráció jellegű videók.....	64
22. ábra: Beszűrő rendezésre vonatkozó kérdéssor.....	65
23. ábra: Shell rendezés animációval való szemléltetése.....	65
24. ábra: Shell rendezés táncsal való szemléltetése	66
25. ábra: Shell rendezés színészi játékkal való szemléltetése	66
26. ábra: A három csoport átlaga.....	69
27. ábra: Előzetes programozási tapasztalat szerinti átlagok	70
28. ábra: Előzetes programozási tapasztalat és vizualizáció szerinti átlagok	71
29. ábra: Algoritmusokon való teljesítmény a vizualizáció típusa szerint	72
30. ábra: Algoritmus specifikus kérdések vizualizációk szerint	73
31. ábra: Animáció értékelése	74
32. ábra: Színészi játék értékelése.....	74
33. ábra: Tánc értékelése.....	75
34. ábra: Élmény, megértés és motiváció mérése	76
35. ábra: Piramis játék – mohó stratégia	80
36. ábra: Piramis játék – dinamikus programozás stratégia.....	80
37. ábra: Kamera váltások és kiegészítő drámai effektusok	84
38. ábra: Hét pontos Likert skálán adott válaszok eloszlása.....	90
39. ábra: Hét pontos Likert skálán adott válaszok eloszlása a múltbeli használatra és általános komparatív előnyre vonatkozóan	91

40. ábra: A film értékelési szempontjaira vonatkozó korrelációs hőtérkép.....	95
41. ábra: A videók előzetes használata és a film értékelési szempontjai közötti Pearson korreláció.....	97

10 Táblázatok jegyzéke

1. táblázat: Előzetes programozási tapasztalat szerinti eloszlás.....	29
2. táblázat: Kérdések összefoglaló táblázata.....	31
3. táblázat: Érettségi eredmények és CT teszt közötti korreláció	43
4. táblázat: AlgoRhythmic tánc-koreográfia videók	52
5. táblázat: Informális oktatással kapcsolatos szóalakok	54
6. táblázat: Formális oktatással kapcsolatos szóalakok.....	55
7. táblázat: A kutatás menetének részletes lépései	63
8. táblázat: Statisztikai analízis a résztvevők véleménye alapján	92

11 Képletek jegyzéke

1. képlet: Spearman-féle korreláció általános képlete.....	37
2. képlet: Spearman-féle korreláció kötött rangok nélküli esetben.....	37
3. képlet: Páronkénti t-próba képlete	38
4. képlet: ANOVA módszer képlete	67