

Doktori (PhD) értekezés tézisei

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

Osztían Pálma Rozália

Témavezető: Dr. Csernoch Mária



DEBRECENI EGYETEM

Informatikai Tudományok Doktori Iskola

Debrecen, 2024

1 Előzmények

John Dewey pedagógus és filozófus szerint az igazi oktatás két világ – a valóság és az absztrakt tudás – találkozásáról és összefonódásáról szól, amelyek együttesen formálják a tanulók gondolkodását és szemléletét [1]. Dewey elmélete szerint a valóság világában szerzett tapasztalatok és az absztrakt tudás világa együtt vezet a valódi megértéshez, mely azt a tényt hangsúlyozza ki, hogy az intézményeknek folyamatosan alkalmazkodniuk kell, hogy megfelelő tudást biztosítsanak a jövő generációinak.

Sir Ken Robinson híres TED előadásában (Do Schools Kill Creativity?) arra figyelmeztet, hogy a jelenlegi oktatási rendszer gyakran elfojtja a diákok kreativitását [2]. Robinson hangsúlyozza, hogy a kreativitás és a divergens gondolkodás fejlesztése ugyanolyan fontos, mint a tudományos ismeretek átadása. A változatos oktatási módszerek, amelyek egyensúlyban tartják a tudományt és a művészetet növelhetik a diákok motivációját és elkötelezettségét.

Ezek az elképzelések inspiráltak arra, hogy egy olyan oktatási módszert kidolgozásával foglalkozzunk, amely a számítógépes gondolkodást fejleszti. Ez a 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 [3,4]. A kutatócsoport és egyben a projekt az AlgoRythmics nevet viseli [5,6,7,8], mely az algoritmus (informatikai fogalom, amely a tudomány világát jelképezi) és a ritmus (tánc, amely a művészet világát jelképezi) szókapcsolatok révén jött létre. Az AlgoRythmics projekt célja az informatikaoktatás színesebb és élvezetesebb szemléltetése, amely által különféle informatikai rendező és kereső algoritmusok tánc segítségével kerülnek be-mutatásra. Jelenleg 10 tánccal szemléltetett rendező és kereső stratégia tekinthető meg a nyilvánosan elérhető YouTube-csatorna oldalán [9].

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 feladatomban egy újabb rendező algoritmus, a kupacrendezés kidolgozása volt, amelynek informatikai és művészi oldalát is egyaránt képviseltem [10]. 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 néptáncscsoport táncolta el. Ezt követően az algoritmusok egy úgynevezett gyűjtő platformjának

elkészítésével foglalkoztam, az AlgoRhythmic online oktatási környezetnek az elkészítésével [11], amely megalkotása során az interaktivitás fontosságát tartottam szem előtt [12]. Mivel a projekt mottója a „Táncról 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 AlgoRhythmic vizualizációk témakörben kutatni, melyek kapcsán az elmúlt évek során több új szemlélet látott napvilágot.

2 Célkitűzések, tézisek

A kutatások során három fő területre fókuszáltunk: vizualizációk, drámapedagógiai elemek és élménypedagógiai megközelítések. A vizualizációk célja, hogy mindenki számára elérhetővé tegyék a számítógépes gondolkodás fejlesztését, a drámapedagógiai elemek pedig a bonyolult algoritmusok érthetőbb bemutatását segítik elő. Az élménypedagógia célja, hogy a tanulási folyamat élményszerű és inspiráló legyen, növelve a diákok motivációját és elkötelezettségét.

Elsősorban az említett előzmények és inspirációk vezettek az AlgoRhythmic projekt tartalmának további fejlesztéséhez és új vizualizációk létrehozásához. Ennek kapcsán a kutatásaink célja a következő három fő tézis igazolása volt:

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.

A fenti tézisek alapos vizsgálatához három fő kutatási témában mélyültünk el [13,14,15].

2.1 A diagrammatikus- (DR) és számítógépes (CT) gondolkodás kapcsolata

Elsőként a DR és CT képességek közötti összefüggést szerettük volna vizsgálni, és ezek hozzájárulását a diákok tanulmányi előrehaladásához. A kutatási kérdések a következőkre fókuszáltak:

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?

2.2 Drámapedagógiai elemek az oktatásban

A második kutatás a vizualizációkban rejlő potenciált vizsgálta, azon belül pedig különösen a tánc és színészi játék közötti különbséget. A kutatás során felmerülő kérdések a következők voltak:

RQ₁: Hatékonyabb-e a színészi játékkal szemléltetett vizualizáció, mint az animációval és a tánccal 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 bonyolultsági kérdéseken elért teljesítmény között?

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

2.3 Élménypedagógiai elemek az oktatásban

A harmadik kutatás az élménypedagógiai elemek oktatási tananyagba való beépítésére fókuszált. Ennek kapcsán két rendező algoritmus vizualizációja mellett elkészítettünk egy Piramis-játék című algoritmikus szabadulószoza szemléltetést, amely mohó és dinamikus programozás technikákat mutatott be színészi játék révén. 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 AlgoRhythmic vizualizációk ismerete?

3 A vizsgált minta és a tesztelési időszak bemutatása

A három fő kutatás különböző időpontokban és különböző résztvevők bevonásával valósult meg.

3.1 A DR és CT kapcsolata

3.1.1 Résztvevők

Az első 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.

3.1.2 A kutatás menete

A hallgatók CT, DR és CS1 kurzuson elért eredményei közötti összefüggés vizsgálatához korrelációs vizsgálatot végeztünk. A kutatás célja az volt, hogy átfogó képet kapjunk a hallgatók CT és DR képességeiről a CS1 pontszámok alapján. Ennek meghatározásához minden diák egyaránt ki kellett töltsen a DR és CT képességekre vonatkozó teszteket, csoportbontás nélkül. A felmérést a Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem egy előadótermében hajtottuk végre, ahol minden résztvevő egyidejűleg 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).

3.2 Drámapedagógiai elemek az oktatásban

3.2.1 Résztvevők

A második kutatás megvalósítására a Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetemen került sor az egyetemi tanév első félévét megelőző regisztrációs héten.

Összesen 230 elsőéves 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%), Számítástechnika (11%), Automatika és alkalmazott informatika (11%), Mechatronika (8%), Infokommunikációs rendszerek (3%), Gépészmérnöki (7%), Kommunikáció és közkapcsolatok (11%), Kertészmérnöki (6%), Tájépítészet (12%), Fordító és tolmács (8%), Közegészségügy (2%). Az egyetemi szak mellett, a változatossághoz a résztvevők 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).

3.2.2 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 utóteszt 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 beszúró és a shell rendezés voltak. A kísérleti fázis és az utóteszt kérdései egymást váltották. Először a beszúró 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 egyidejűleg ugyanaz az ismeret kerüljön átadásra.

3.3 Élménypedagógiai elemek az oktatásban

A harmadik fő témához kapcsolódó kutatásunk 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.

3.3.1 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.

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

3.3.2 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 szerettük 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.

4 Kutatási eszközök

4.1 A DR és CT kapcsolata

A két képességre vonatkozó teszt előtt, a résztvevőknek négy előzetes tanulmányaikra vonatkozó (Q1–Q3: egyetemi szak, középiskolai profil, neme, Q4: előzetes programozási 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 feladtból állt (Q16–Q25) (1. táblázat).

Kérdés	Tartalom
Q ₁	<i>Nem: nő/férfi</i>
Q ₂	<i>Középiskolai tanulmányok (szak): Milyen szakon tanultál középiskolában?</i>
Q ₃	<i>Egyetemi szak: Milyen szakon tanulsz egyetemen?</i>
Q ₄	<i>PPY: Hány évig tanultál programozást?</i>
Q ₅	<i>Személyes adatok feldolgozására vonatkozó kérdés: Beleegyezel az adataid névtelenül történő feldolgozásába? (igen/nem)</i>
1. feladat	DR teszt kitöltése
Q ₆₋₁₀	<i>Ismeretlen műveletek: Határozd meg az „operátorok” hatását egy adott „bemenet” tartozó „kimenet” előállításához.</i>
Q ₁₁₋₁₅	<i>Ismert műveletek: Dolgozz fentről lefelé. A „kimenet” előállításához alkalmazd a megadott „operátorokra” vonatkozó szabályokat.</i>
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	<i>calculate(4): Mi a kimenet 4-es bemenet esetén?</i>
Q ₁₇	<i>calculate(7): Mi a kimenet 7-es bemenet esetén?</i>
Q ₁₈	<i>Részeredmények egy eredménnyé való összesítése: Mi a kimenete a következő műveletsornak: $calculate(2) * calculate(6) - calculate(3) * calculate(4)$</i>
Q ₁₉	<i>Általános képlet calculate(n) -re: Mi a kimenet, ha a bemenet n?</i>

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?

1. táblázat: Kérdések összefoglaló táblázata

4.2 Drámapedagógiai elemek az oktatásban

A második kutatás eszközeinek legfontosabb alkotóelemei az előre elkészített videók voltak. Ezeknek két nagy kategóriáját különböztettük meg: narráció jellegű videók, amelyek a tanári magyarázatot és jelenlétet (blended learning) biztosította és algoritmus stratégiát szemléltető videók (a beszűrő 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 felmerést végezzük.

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

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.

Algoritmus stratégiát szemléltető videók:

Az algoritmusok tekintetében két, jellegükönél 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 vizualizációtípust készítettünk el: animációval, színészi játékkal és tánccal szemléltetett bemutatásokat. A vizualizációk megalkotása során nagyon figyeltünk arra, hogy az algoritmus stratégiája teljes mértékben megegyezzen mindhárom vizualizáció esetén.

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.

4.3 Élménypedagógiai elemek az oktatásban

A harmadik kutatás fő eszköze az algoritmikus szabaduló szoba jelenet jelképező 7 perces piramis-játék volt. A film segítségével az előző fejezetekben bemutatott mozó és dinamikus programozás technikákat szeretettük 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 7 pontos Likert skálán kellett válaszoljanak.

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 AlgoRhythms 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.”

5 Tézisek eredményei

5.1 A DR és CT kapcsolata

Az első 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 kérdéseinkre reflektálva (RQ₁), arra az eredményre jutottunk, hogy a CT és DR képességek között valóban fellelhető egy összefüggés, sőt rokonképesség-eknek 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.

5.2 Drámapedagógiai elemek az oktatásban

Az AlgoRhythms YouTube csatornára érkező hozzászólások rávilágítottak arra, hogy az emberi mozgás által szemléltetett algoritmusvizualizációk közkedveltnek 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 tanulóknak a teljesítménye (RQ_1). 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 során az is bizonyításra került, 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 közép-haladó és haladó diákok átlaga is ennek a vizualizációnak az esetén a legmagasabb.

Az algoritmusok típusa szerinti vizsgálat során arra jutottunk, 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 vizualizációk 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 mellett, hogy érthetően mutatnak be egy stratégiát, rendkívül izgalmasak is, főként a mai fiatalság számára.

5.3 Élménypedagógiai elemek az oktatásban

A harmadik kutatásban főként az AlgoRythmics történetmesélés fontosságára fókuszáltunk, amely során az eddig jól ismert tánc Koreográfiákról áttértünk egy más dimenzióra, a színpadra és a filmre. Az eredmények feldolgozása során elősoronban 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 értékelt 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 megerősítették 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 [16].

Ez az eredmény rendkívül ígéretes, hiszen az előzetes szakirodalmi kutatások rávilágítottak arra, hogy a táncban rejlő dekoratív elemek megnehezítik az algoritmus stratégiájában való elmélyülést [8]. A színészi játékkal bemutatott vizualizációk mellett, 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 kapcsolatban. 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 szerettük 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. 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 [17]. Az ehhez kapcsolódó eredményeink igen ígéretesek. A SEM elemzés 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 [18]. Továbbá, Chiu és kutatótársai úgy jellemezték a kompatibilitást, mint kulcsfontosságú összekötő tényező az elért hasznosság és tényleges használat között [19].

A harmadik kutatási kérdés (RQ₃) az előzetes AlgoRhythmic vizualizációk ismeretének pozitív hatására fókuszált. Kutatási eredményeink rávilágítottak arra, hogy bár minden résztvevő összességében pozitívan értékelt 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 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.

6 Összegzés

A három fő kutatás eredményei azt igazolják, hogy szükség van hasonló módszerek bevezetésére már egészen kiskortól annak érdekében, hogy mindenki problémamegoldó képessége fejlődni tudjon. Úgy gondoljuk, hogy jelen napjainkban már nem kellene kiváltságnak számítsion 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 AlgoRhythmics módszer már a kezdetektől fogva arra fókuszál, hogy az élet bármely szakterületén elhelyezkedő személyek számára egy különleges, érdeklődést felkeltő rálátást biztosítson különféle informatikai algoritmusokra.

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.

7 Jövőbeli tervek

Reményeink szerint, a jövőben sikerül további olyan egyedi eszközökkel gazdagítani az AlgoRythmics repertoárt, amelyek már egészen kisiskolás kortól kezdve részét képezhetik az oktatási tantervnek úgy, hogy közben a reflektorfényből a diákok problémegoldó képessége sem marad ki.

Ennek kapcsán már sikerült egy új vizualizáció kezdeményezését elindítani, mely kalotaszegi táncok által mutat be egy rendezési algoritmust. A tánccal szemléltetett vizualizációk mellett a jövőben szeretnénk további alapvető informatikai algoritmusokat (például: minimum-, maximum kereső, megszámlálás) vizualizálni színészi játék által.

8 Irodalomjegyzék

- 1 Dewey, J. (1938). *Experience and Education*. Collier Books.
- 2 TED (Director). (2007, January 7). *Do schools kill creativity? | Sir Ken Robinson | TED* [Video recording]. <https://www.youtube.com/watch?v=iG9CE55wbtY>
- 3 Kátai, 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>
- 4 Kátai, 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>
- 5 Kátai, Z., Osztián, E., & Lorincz, B. (2021). Investigating the computational thinking ability of young school students across grade levels in two different types of Romanian educational institutions.
- 6 Kátai, Z., Osztián, 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>
- 7 Kátai, Z., & Osztián, E. (2021). Improving AlgoRhythmic Teaching-Learning Environment by Asking Questions. *International Journal of Instruction*, 14(2), 27–44. <https://doi.org/10.29333/iji.2021.1423a>
- 8 Kátai, Z., & Osztián, 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>
- 9 *AlgoRhythmics*. (2011). YouTube. <https://www.youtube.com/@AlgoRhythmics>
- 10 Osztián, P.-R., Kátai, Z., Osztián, E., & Vekov, G.-K. (2017). Algoritmika és művészet, avagy kupacrendezés kalotaszegi módra. *Energetika-Elektrotechnika – Számítástechnika És Oktatás Multi-Konferencia*, 199–203.
- 11 Osztián, P.-R., Kátai, Z., & Osztián, E. (2021). AlgoRhythmics online oktatási környezet: AlgoRhythmics online learning environment. *Energetika-Elektrotechnika – Számítástechnika És Oktatás Multi-Konferencia*, 70–80.
- 12 Osztián, P.-R., Kátai, Z., & Osztián, 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>
- 13 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>
- 14 Osztiána P.-R., Kátai Z., & Osztián E. (2023). *Élmény- és drámapedagógiai elemek az oktatásban*. <https://people.inf.elte.hu/szlavi/InfoDidact23/Manuscripts/OPRKZOE.pdf>

- 15 Kátai, Z., Osztián, P.-R., & Iclanzan, D. (2024). Enacting algorithms: Evolution of the algorithmic storytelling. *Education and Information Technologies*. <https://doi.org/10.1007/s10639-024-12617-y>
- 16 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>
- 17 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>
- 18 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.
- 19 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>
- 20 Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33–35. <https://doi.org/10.1145/1118178.1118215>



Nyilvántartási szám: DEENK/405/2024.PL
Tárgy: PhD Publikációs Lista

Jelölt: Osztián Pálma Rozália
Doktori Iskola: Informatikai Tudományok Doktori Iskola
MTMT azonosító: 10073673

A PhD értekezés alapjául szolgáló közlemények

Idegen nyelvű tudományos közlemények külföldi folyóiratban (3)

1. Kátai, Z., **Osztián, P. R.**, Iclanzan, D.: Enacting algorithms: Evolution of the algorithmics storytelling.
Educ. Inf. Technol. 29, 1-32, 2024. ISSN: 1360-2357.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10639-024-12617-y>
IF: 4.8 (2023)
2. **Osztián, P. R.**, Kátai, Z., Sántha, Á. R., Osztián, E.: Investigating the AlgoRythmics YouTube channel: the Comment Term Frequency Comparison social media analytics method.
Acta Univ. Sapientiae, Inf. 14 (2), 273-301, 2022. ISSN: 1844-6086.
DOI: <http://dx.doi.org/10.2478/ausi-2022-0016>
3. **Osztián, P. R.**, Kátai, Z., Osztián, E.: On the computational thinking and diagrammatic reasoning of first-year computer science and engineering students.
Front. Educ. 7, 1-9, 2022. EISSN: 2504-284X.
DOI: <http://dx.doi.org/10.3389/educ.2022.933316>
IF: 2.3

További közlemények

Magyar nyelvű könyvrészletek (2)

4. Kátai, Z., **Osztián, P. R.**: A pszichozathasználat számítógépes gondolkodásra gyakorolt hatása.
In: Anyanyelvoktatás : A pedagógusjelöltek köznevelési feladatokra való felkészülése. Szerk.: Pletl Rita, Ábel kiadó, Kolozsvár, 72-95, 2023. ISBN: 9789731143149
5. Kátai, Z., **Osztián, P. R.**: Számítógépes gondolkodás a tanárképzős hallgatók perspektívájából.
In: Anyanyelvoktatás: A pedagógusképzés próbatétele: nevelés és oktatás egyensúlyának megteremtése. Szerk.: Pletl Rita, Ábel, Kolozsvár, [64-82], 2022. ISBN: 9789731142999





Magyar nyelvű konferencia közlemények (7)

6. **Osztian, P. R.**, Kátai, Z., Osztian, E.: Élmény- és drámapedagógiai elemek az oktatásban.
In: 16. Informatika Szakmódszertani Konferencia, Webdidaktika Alapítvány, Budapest, 1-10, 2024. ISBN: 9786158060875
7. **Osztian, E.**, **Osztian, P. R.**: Önbizalom a vizsgákon: kézzel írott jegyzetek és programozás vizsgák sikertörténetei.
In: 16. Informatika Szakmódszertani Konferencia, Webdidaktika Alapítvány, Budapest, 1-10, 2024. ISBN: 9786158060875
8. **Osztian, P. R.**, Kátai, Z., Osztian, E.: Doodling és algoritmika.
In: INFODIDACT'2022. 15. Informatika Szakmódszertani Konferencia : Előadaskötet. Szerk.: Szlávi Péter, Zsakó László, Webdidaktika Alapítvány, Budapest, 141-162, 2023. ISBN: 9786158060868
9. **Osztian, P. R.**, Osztian, E., Kátai, Z.: Algoritmus Vizualizációs Környezetek: Az interaktivitás hatása a tanulási eredményekre.
In: INFODIDACT'2020 13. Informatika Szakmódszertani Konferencia. Szerk.: Szlávi Péter, Zsakó László, Webdidaktika Alapítvány, Budapest, 149-163, 2020.
10. **Osztian, P. R.**, Kátai, Z.: AlgoRhythms: Táncról a kódig.
In: INFODIDACT 2019. Szerk.: Szlávi Péter, Zsakó László, Webdidaktika az Oktatásért és az Információs Társadalomért Alapítvány, Budapest, 223-236, 2020.
11. Kátai, Z., Osztian, E., Vekov, G. K., **Osztian, P. R.**: Algo-Ritmika: új dimenziók.
In: INFODIDACT 2017. Szerk.: Szlávi Péter, Zsakó László, Webdidaktika az Oktatásért és az Információs Társadalomért Alapítvány, Budapest, 1-11, 2017. ISBN: 9786158060813
12. **Osztian, P. R.**, Kátai, Z., Osztian, E., Vekov, G. K.: Algoritmika és művészet, avagy kupacrendezés kalotaszegi módra = Algorithms and art Heapsort with traditional Transylvanian dance.
In: ENELKO 2017 XVIII. Nemzetközi Energetika-Elektrotechnika Konferencia, SzámOkt 2017 XXVII. Nemzetközi Számítástechnika és Oktatás Konferencia, Kolozsvár, 2017. október 12-15. Szerk.: Biró Károly-Ágoston, Sebestyén-Pál György, Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság, Cluj-Napoca, 199-203, 2017, (ISSN 1842-4546)

Idegen nyelvű konferencia közlemények (4)

13. **Osztian, P. R.**, Kátai, Z., Osztian, E.: Doodling and algorithmics.
In: 15th International Conference on Education and New Learning Technologies : EDULEARN23 Proceedings. Ed.: Luis Gómez Chova, Chelo González Martínez, Joanna Lees, International Academy of Technology, Education and Development (IATED), [s.l.], 2757-2766, 2023. ISBN: 9788409521517





14. Sántha, Á. R., **Osztján, P. R.**, Osztján, E., Kátai, Z.: The gender effect in computational thinking among first-year university students at the Sapientia Hungarian University of Transylvania.
In: Sociology of Education: Wellbeing and Resilience in the Times of Crisis. Ed.: Anna Odrowaz-Coates, The Maria Grzegorzewska University Press, Warsaw, 91-100, 2023. ISBN: 9788367721332
15. **Osztján, P. R.**, Kátai, Z., Osztján, E.: Algorithm Visualization Environments: degree of interactivity as an influence on student-learning.
In: 2020 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE), IEEE, dPiscataway, 1-8, 2020, (ISSN 2377-634X) ISBN: 9781728189611
16. Nagy, E. J., **Osztján, P. R.**, Cosma, C., Kátai, Z., Osztján, E.: Looking for the Optimal Interactivity Level in the AlgoRythmics Learning Environment.
In: EdMedia + Innovate Learning : 2019 conference. Ed.: Theo Bastiaens, Association for the Advancement of Computing in Education, Waynesville, 106-114, 2019. ISBN: 9781939797421

Idegen nyelvű absztrakt kiadványok (1)

17. **Osztján, P. R.**: Algorithm visualization using human movement effect: It's your turn.
In: 8th International Conference on Mathematics and Informatics, [Sapientia Hungarian University of Transylvania], [Marosvásárhely], 42, 2021.

A közlő folyóiratok összesített impakt faktora: 7,1

A közlő folyóiratok összesített impakt faktora (az értekezés alapjúl szolgáló közleményekre): 7,1

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

Debrecen, 2024.07.17.



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

**Enhancing Computational Thinking: The Role of
Experiential and Drama-Based Pedagogy in Algo-
rithm Visualizations Featuring Human Movement**

by Pálma Rozália Osztián

Supervisor: Dr. Mária Csernoch



UNIVERSITY OF DEBRECEN

Doctoral School of Informatics

Debrecen, 2024

1 Background

According to John Dewey, an educator and philosopher, true education involves the encounter and intertwining of two worlds: reality and abstract knowledge. Together, these worlds shape students' thinking and perspectives [1]. Dewey's theory posits that experiences gained in the real world and the realm of abstract knowledge together lead to genuine understanding, emphasizing that institutions must continually adapt to provide adequate knowledge for future generations.

In his famous TED talk (Do Schools Kill Creativity?), Sir Ken Robinson warns that the current educational system often stifles students' creativity [2]. Robinson emphasizes that developing creativity and divergent thinking is just as important as imparting scientific knowledge. Diverse educational methods that balance science and art can enhance students' motivation and engagement.

These ideas inspired us to develop an educational method aimed at enhancing computational thinking. This approach combines the worlds of scientific and artistic methods, aligning well with Sir Ken Robinson's thoughts. The various iterations of the method are the result of a dedicated research team that has been active for over 10 years [3,4]. The research team and the project itself are named AlgoRythmics 5678, a name derived from the combination of "algorithm" (a concept from the world of science) and "rhythm" (dance, representing the world of art). The goal of the AlgoRythmics project is to make computer science education more colorful and enjoyable by demonstrating various sorting and searching algorithms through dance. Currently, 10 dance-illustrated sorting and searching strategies can be viewed on the publicly accessible YouTube channel [9].

I had the opportunity to join the research team in 2017 as a second-year computer science student. The duality behind the topic was particularly appealing to me, as both the worlds of computer science and dance were close to my heart. Therefore, my first task was to develop a new sorting algorithm, heap sort, representing both its technical and artistic sides [10]. It was fascinating to see how these two seemingly different worlds could be combined without sidelining the technical content while maintaining the artistic presentation. The algorithm was performed by a folk dance group consisting of students from Sapientia Hungarian University of Transylvania.

Following this, I worked on creating a so-called collection platform for the algorithms, developing the AlgoRythmics online educational environment [11],

with a focus on the importance of interactivity [12]. Since the project's motto was "From Dance to Code," we aimed to ensure that the online environment allowed users to learn the algorithms through various educational steps, from strategy presentation to understanding and practice.

As I began my doctoral studies, I wanted to continue researching the topic of AlgoRythmics visualizations, which had seen several new perspectives emerge over the past years.

2 Objectives and Theses

Our research focused on three main areas: visualizations, drama pedagogy elements, and experience-based pedagogical approaches. The goal of the visualizations is to make the development of computational thinking accessible to everyone, while drama pedagogy elements aim to make complex algorithms easier to understand. The purpose of experience-based pedagogy is to make the learning process enjoyable and inspiring, thereby increasing students' motivation and engagement.

Primarily, these aforementioned backgrounds and inspirations led to the further development of the AlgoRythmics project content and the creation of new visualizations.

In this context, our research aimed to validate the following three main theses:

T1. Diagrammatic reasoning (DR) contributes latently to the development of computational thinking (CT).

T2. In the realm of human movement, acting can be more effective and expressive than dance.

T3. Short films demonstrating algorithmic strategies result in captivating, positive cognitive and motivational impacts on the user experience.

To thoroughly examine the above theses, we delved into three main research topics [13,14,15].

2.1 The Relationship Between Diagrammatic Reasoning (DR) and Computational Thinking (CT)

irst, we aimed to examine the relationship between DR and CT skills and their contribution to students' academic progress. The research questions focused on the following:

RQ₁: Is there a correlation between students' CT and DR skills?

RQ₂: To what extent does prior programming experience influence the results?

RQ₃: How well can students' CT and DR skills predict their performance in the CSI exam?

RQ₄: Is there a connection between students' high school graduation grades and their scores on the CT test?

2.2 Drama Pedagogy Elements in Education

The second research focused on the potential of visualizations, particularly examining the differences between dance and acting. The research questions were as follows:

RQ₁: Is the visualization illustrated through acting more effective than that illustrated through animation and dance?

RQ₂: To what extent does prior programming experience influence the results?

RQ₃: Is there a difference in scores achieved on different algorithms?

RQ₄: Is there a difference in performance on default operations of algorithms compared to performance on complexity questions?

RQ₅: Is the visualization illustrated through acting more enjoyable, understandable, and motivating?

2.3 Experience-Based Pedagogy Elements in Education

The third research focused on incorporating experience-based pedagogy elements into educational materials. In this context, besides visualizing two sorting algorithms, we created an algorithmic escape room demonstration called "Pyramid Game," which showcased greedy and dynamic programming techniques through acting. Our main interest during the research was to determine how popular the experience-based pedagogy elements in the visualization would be among students. The related research questions were:

RQ₁: Will students positively evaluate the experiential aspects of the visualizations?

RQ₂: Is there a correlation between the different dimensions of the visualizations?

RQ₃: To what extent does prior familiarity with AlgoRhythmic visualizations influence the correlation between different evaluation aspects?

3 The Examined Sample and Testing Period Overview

The three main research studies were conducted at different times and involved different participants.

3.1 The Relationship Between DR and CT

3.1.1 Participants

The first study was conducted at Sapientia Hungarian University of Transylvania during the registration week preceding the first semester of the academic year. A total of 137 first-year university students (17% female) participated in the experiment. They were from the following disciplines: Informatics (34%), Computer Science (22%), Automation and Applied Informatics (10%), Mechatronics (11%), Infocommunication Systems (8%), and Mechanical Engineering (11%). In addition to their university majors, the diversity of the participants was enhanced by their varied high school backgrounds, with the following distribution: theoretical (Natural Sciences – 21.2%, Mathematics-Informatics – 51.9%), technical (16.8%), Public Administration and Tourism (5.8%), and other fields (4.4%).

3.1.2 Research Procedure

To examine the correlation between students' CT, DR, and CS1 course performance, we conducted a correlation study. The goal of the research was to gain a comprehensive understanding of the students' CT and DR skills based on their CS1 scores. To determine this, each student was required to complete tests assessing both DR and CT skills, without any group separation. The survey was carried out in a lecture hall at Sapientia Hungarian University of Transylvania, where all participants simultaneously solved two paper-based tests (one for DR and one for CT). The participants had one hour to answer the questions (10 minutes for the DR test and 50 minutes for the CT test).

3.2 Drama Pedagogy Elements in Education

3.2.1 Participants

The second study was conducted at Sapientia Hungarian University of Transylvania during the registration week preceding the first semester of the academic year. A total of 230 first-year university students participated in the experiment, out of which we were able to process the responses of 227 participants (30% female, 70% male) since 3 participants did not complete the assigned tests correctly.

The students were from the following university majors: Informatics (22%), Computer Science (11%), Automation and Applied Informatics (11%), Mechatronics (8%), Infocommunication Systems (3%), Mechanical Engineering (7%), Communication and Public Relations (11%), Horticultural Engineering (6%), Landscape Architecture (12%), Translation and Interpretation (8%), and Public Health (2%). In addition to their university majors, the diversity of the participants was also influenced by their varied high school backgrounds, which significantly affected their prior programming experience. Based on this, we identified three groups according to prior programming experience (PPY): beginners – 42% (PPY0: no programming learned during high school), intermediates – 21% (PPY1: 1–2 years of programming learned during high school), and advanced – 37% (PPY2: 3–4 years of programming learned during high school).

3.2.2 Research Procedure

The research consisted of a three-phase experiment: a pretest, the experimental phase, and a post-test. The pretest was taken online by participants one day before the experiment (Monday) and focused on high school studies and prior programming experience. Based on the pretest results, participants were divided into three groups with evenly distributed prior programming experience ($p=0.89>0.05$, H_0 hypothesis accepted).

The experimental phase and the corresponding post-test were conducted the following day (Tuesday) in three different lecture halls at the university. Participants, divided into the three groups determined by the pretest, simultaneously observed visualizations of two sorting algorithms: animation (A: 75 participants), dance (T: 76 participants), and acting (SZ: 76 participants). The experiment lasted for one and a half hours.

The two selected sorting algorithms were insertion sort and shell sort. The experimental phase and the post-test questions alternated. First, the details related

to insertion sort were demonstrated using the respective visualization, followed by the corresponding set of questions. The second step involved the learning phase of shell sort, followed by answering its set of questions. The material was illustrated using preprepared videos to ensure that the same knowledge was consistently conveyed in all three lecture halls.

3.3 Experience-Based Pedagogy Elements in Education

The goal of our research related to the third main topic was to assess the effectiveness of the pyramid game illustrated through acting. The measurement was conducted in a university programming course, during which we sought to determine whether a single viewing of the film could help students in mastering more challenging programming techniques.

3.3.1 Participants

The participants in the research were students from Sapiientia Hungarian University of Transylvania, specifically from the Computer Science and Informatics programs, during their second semester of studies. A total of 54 students participated in the measurement, with varying levels of programming experience distributed as follows: 25% beginners (no programming learned in high school), 18% intermediates (1–3 years of programming learned in high school), and 47% advanced (4 years of programming learned in high school). Despite the differing high school experiences, the CS1 course taken by all students in the first semester helped to some extent balance their programming knowledge. The measurement was conducted during the university's CS2 course, considered a continuation of CS1 and involving more challenging programming strategies.

Out of the 54 participants, 51 students correctly completed the questionnaire associated with the research, thus the results were evaluated based on the responses of these 51 students.

3.3.2 Research Procedure

The research process can be divided into two phases: a preliminary preparation phase and the main measurement phase. The preparation phase was conducted one week prior to the main research during the CS2 course. During this class, students were introduced to two programming strategies that laid the foundation and prepared them for the short film presentation scheduled for the following week.

The main measurement was conducted in a lecture hall at the university, the same room where students attended their CS2 course lectures, thus providing a familiar environment. Unlike typical university lectures that use PowerPoint slides, the material was illustrated using the "Pyramid Game" short film, projected on an approximately 12-square-meter screen.

On the day of the measurement, students first watched the visualization of the pyramid game, followed by filling out a summary questionnaire. This questionnaire not only assessed the students' opinions and insights regarding the film but also evaluated key characteristics interpreted according to the Technology Acceptance Model (TAM). These characteristics included Perceived Utility (PU), Perceived Enjoyment (PE), Perceived Compatibility (PC), and Perceived Attitude (PA). We aimed to determine how receptive students were to representations similar to the pyramid game film during their learning process. Specifically, we sought to answer whether the algorithm visualization presented with experience-based pedagogy elements was deemed useful by the students.

4 Research Tools

4.1 The Relationship Between DR and CT

Before taking the tests for the two skills, participants had to answer four preliminary questions related to their background studies (Q1–Q3: university major, high school profile, gender, Q4: prior programming experience) and one question regarding the processing of personal data (Q5). Additionally, the DR test consisted of 10 multiple-choice questions (Q6–Q15), while the CT test comprised 3 multipart algorithmic tasks (Q16–Q25) (Table 1).

Question	Content
Q ₁	<i>Gender: female/male</i>
Q ₂	<i>High school studies (profile):</i> What was your high school major?
Q ₃	<i>University major:</i> What is your university major?
Q ₄	<i>Prior programming experience (PPY):</i> How many years did you study programming?
Q ₅	<i>Consent for data processing:</i> Do you consent to the anonymous processing of your data? (yes/no)

Task 1.	DR test completion
Q ₆₋₁₀	<i>Unknown operations:</i> Determine the effect of "operators" to produce an "output" from a given "input".
Q ₁₁₋₁₅	<i>Known operations:</i> Work top-down. Apply the rules related to the given "operators" to produce the "output".
Task 2.	CT test completion
Task 2.1.	Calculator task: Given an algorithm used by a calculator, determine the correct output for each input value: calculate(n), where n is the input and the output is the result of the calculate(n) function.
Q ₁₆	<i>calculate(4):</i> What is the output for an input of 4?
Q ₁₇	<i>calculate(7):</i> What is the output for an input of 7?
Q ₁₈	<i>Aggregate intermediate results into one result:</i> What is the output of the following operation sequence: calculate(2) * calculate(6) - calculate(3) * calculate(4)?
Q ₁₉	<i>General formula for calculate(n):</i> What is the output if the input is n?
Task 2.2.	Heatmap task: A machine can recognize five images representing the letters I, T, O, C, and L. The machine uses heatmaps in the recognition process. The heatmap is defined as follows: each pixel of the images is assigned a value. The value indicates how many other images have the same pixel at the given position.
Q ₂₀	<i>Pattern recognition:</i> Which letter does the following 3×3 heatmap represent: {3 3 2 / 2 2 0 / 2 4 2}?
Q ₂₁	<i>Pattern recognition:</i> Which letter does the following 3×3 heatmap represent: {3 0 1 / 2 2 3 / 2 4 2}?
Q ₂₂	<i>Odd one out:</i> Which heatmap does not correspond to any image?
Task 2.3.	Popularity task: Seven friends are members of an online social network. The social network allows them to see posts on their own and

	their friends' timelines. Two people are friends if they are connected by a line.
Q ₂₃	<i>Direct connection:</i> Who can see X's posts?
Q ₂₄	<i>Degree of a node:</i> How many people have their posts seen by exactly 4 people?
Q ₂₅	<i>Edge deletion:</i> How can we hide a post from someone?

Table 1: Summary table of questions

4.2 Drama Pedagogy Elements in Education

The key components of the tools used in the second study were the preprepared videos. These videos were categorized into two main types: narration videos, which provided teacher explanations and presence (blended learning), and algorithm strategy demonstration videos (three types of visualizations for insertion sort and shell sort).

Narration Videos

During the learning phase, the narration videos first introduced the three types of algorithm visualizations (animation, acting, and dance) to ensure that everyone was aware of the three methods through which the experiment would be conducted. Following this, I presented the main details of the research and the key characteristics of the given algorithm strategy.

Within the narration videos, the post-test questions for each algorithm strategy were presented before the demonstration. The purpose was to ensure that participants knew in advance and prepared for the aspects they would need to address after viewing the videos.

Algorithm Strategy Demonstration Videos

Two sorting algorithms with similar characteristics were demonstrated: insertion sort and shell sort. Since participants had to learn these strategies in three separate groups, we created three types of visualizations: demonstrations illustrated through animation, acting, and dance. While creating the visualizations, we paid close attention to ensure that the algorithm strategy was fully consistent across all three visualization types.

Using these visualizations, we mainly sought to answer the question of how effective and popular the algorithm visualizations illustrated through acting were compared to the representations shown through animation and dance.

4.3 Experience-Based Pedagogy Elements in Education

escape room scene. This film was used to demonstrate the greedy and dynamic programming techniques introduced in the previous sections. Following the film, an English-language test was administered, focusing primarily on the characteristics of the film and its potential.

During the test, we examined three key aspects: inquiries about the film's characteristics, potential benefits for the audience, and questions about the key elements of the Technology Acceptance Model (TAM). Participants answered these questions using a 7-point Likert scale.

In addition to the three main question categories, we also assessed how frequently students used AlgoRhythmics videos in their previous studies and analyzed their opinions on this approach compared to traditional videos or animations. This examination focused on two aspects:

- Evaluation of Use: "I often use/used existing AlgoRhythmics videos in my learning process. "
- Comparative Evaluation: "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. "

5 Results of the Theses

5.1 The Relationship Between DR and CT

The first study examined four main aspects (CT, DR, PPY, CS₁) and added an additional factor (high school graduation results) to gain insight into the potential of the current high school education system.

Reflecting on our first research question (RQ₁), we found out that there is indeed a correlation between CT and DR skills. In fact, they can be considered related skills, both of which should be an important part of today's educational strategies.

Analyzing the aspects of CT, DR, and PPY, we concluded that prior programming experience significantly influences the development of both skills (RQ₂). Therefore, the more programming-specific elements we integrate into the everyday educational system, the more likely it is that these two skills will develop.

The analysis of CS₁ scores revealed that performance in the first programming course is significantly correlated with all three factors (CT, DR, PPY) (RQ₃). This implies that students' CT, DR skills, and prior programming experience can predict their progress in programming-related courses. This is a critical insight, as it suggests that students arriving at university with higher CT and DR skills are better equipped to perform well in university courses. Hence, it is essential to provide space for the development of these skills already in high school.

When summarizing the high school graduation results, we found that none of the subjects significantly contributed to the development of computational thinking (RQ₄). This indicates that although CT and DR skills should undergo significant development during high school, the educational system only minimally contributes to their cultivation. We believe this can be improved with methods that spark students' interest and maintain motivation while simultaneously developing their CT and DR skills.

Based on the above conclusions, we can say that we have partially validated our first thesis (T₁), which states that DR and CT skills are related, and DR contributes latently to the development of CT. In addition to this validation, the research highlighted several deficiencies in the educational curriculum, mainly attributable to the way high school subjects are presented to students, which does not adequately foster the development of these skills.

These results motivated us to continue developing methods that contribute to this development and help in learning computer science concepts in interesting and unconventional ways.

5.2 Drama Pedagogy Elements in Education

Comments on the AlgoRythmics YouTube channel highlighted that algorithm visualizations through human movement are particularly popular among students. This could be attributed to the "social belonging effect," which makes viewers feel more connected to the learning strategy. However, users also pointed out that the dance and music in these visualizations often distract from the

algorithm itself. Although these artistic elements provide an enjoyable demonstration, they sometimes overshadow the essential steps of the strategy. These insights motivated us to explore representations through acting, creating a clearer visualization of human movement.

The research on visualizations illustrated through acting led to generally positive results. While animations often led to better outcomes due to their abstract and straightforward nature, participants who learned through acting performed significantly better than those who learned through dance (RQ₁). This finding suggests that minimizing decorative elements can aid in deepening the understanding of algorithm strategies.

In terms of prior programming experience, there were no significant results. The gap between beginners, intermediates, and advanced students persisted across all three visualization types. This indicates that acting-based visualization alone is insufficient for beginners to catch up with advanced students. Closing this gap is inherently challenging, emphasizing the importance of developing computational thinking skills during high school, as discussed in our first study. Additionally, the analysis based on prior programming experience confirmed that the differences among the various visualizations are not substantial, meaning that all three methods contribute similarly to understanding the algorithm strategy (RQ₂). However, it is noteworthy that acting-based visualization achieved the highest average performance among intermediate and advanced students.

The analysis based on the type of algorithms showed that visualizations through acting could be effective even for teaching more complex strategies (RQ₃). This was further supported by the performance on complexity questions, where participants learning through acting also performed well (RQ₄).

User experience, motivation, and comprehension analysis revealed some shortcomings in visualizations through dance, despite their popularity (RQ₅). Although decorative elements can sometimes hinder deep understanding of the algorithm, they provide a more engaging representation and better maintain students' attention, a crucial factor in today's education. This realization highlighted the need to ensure that simplifying the presentation does not reduce its interest value.

These results partially validated our second thesis (T₂), which hypothesized that visualizations based on human movement supported by acting are more effective. Several findings confirmed the positive impact of this method on understanding and student performance. However, dance remains superior in

maintaining attention and motivation. These outcomes encouraged us to continue focusing on algorithm visualizations through acting, particularly exploring the potential of drama pedagogy elements and creating stage scenes that clearly present strategies while being highly engaging, especially for today's youth.

5.3 Experience-Based Pedagogy Elements in Education

In the third study, we primarily focused on the importance of storytelling in AlgoRythmics, transitioning from the well-known dance choreographies to a different dimension, the stage, and film. While analyzing the results, we mainly considered the opinions and suggestions of the students based on the questions they answered. As discussed in the previous sections, the questionnaire for this research incorporated an expanded set of criteria from the Technology Acceptance Model (TAM), encompassing three main factors: perceived usefulness, perceived enjoyment, and compatibility. Additionally, our research paid special attention to environmental and technology-specific aspects, such as cognitive and engagement-related benefits, as well as film characteristics and user attitudes.

First, we addressed our initial research question (RQ₁). After processing the results, we concluded that all participants positively evaluated the educational potential of the method, emphasizing its perceived effectiveness. This outcome suggests that the introduced artistic elements did not diminish the educational characteristics of the method but rather reinforced and highlighted them. In other words, the use of artistic and cinematic features provided students with a much more enjoyable learning experience without compromising the perceived educational potential. This finding aligns with the conclusion that the effectiveness of the educational system can be sufficiently enhanced when the applied method combines educational and engagement-related values [16].

This result is extremely promising, as preliminary literature research highlighted that the decorative elements in dance make it difficult to delve deeply into the algorithm strategy [8]. Visualizations presented through acting provide an enjoyable method due to their artistic nature, but the simplified human movement offers a clearer demonstration for the viewer. Choreographies achieved through acting allow greater freedom to align artistic movements with the educational content appropriately. This facilitates minimizing distractions and enables smoother understanding of the algorithm.

However, differing opinions arose when examining the film characteristics, with the most neutral responses regarding the immersion factor. This outcome

underscores the challenge of creating captivating short films, especially when the goal is to teach specific computer science content effectively. Despite these challenges, we achieved strongly positive conclusions and correlations for many aspects, answering our second research question (RQ₂). Overall, students positively evaluated the presented method. The EF.Creative component received exceptionally high ratings, with more than 50% of students providing positive feedback regarding the film's uniqueness and creative execution. Furthermore, students similarly valued the presence of human action in the film, reinforcing our belief in the potential of illustrating computer science algorithms through human movement. Given the positive feedback on cinematic and expressive elements, we can say that combining human movement with cinematic features holds promising potential.

In this study, the effect of human movement was presented from a new perspective, aiming to assess the potential of the method based on participants' opinions. It's important to mention that unlike animations, the human action depicted has the potential to create a social and emotional bond between the learner and the character. As such, the presence of live actors in a cinematic context can captivate and inspire the viewer more effectively than simple human movement. This emotional connection significantly contributes to the development of motivation and engagement.

Another extremely important aspect we focused on was attitude, emphasized as a crucial value by Kasilingam [17]. Our related findings are very promising. The SEM analysis revealed additional significant correlations regarding the levels of perceived usefulness and enjoyment components. For instance, compatibility showed both mediating and moderating effects, a phenomenon consistent with previous research findings that similarly emphasized compatibility as a significant factor [18]. Furthermore, Chiu and colleagues described compatibility as a key linking factor between perceived usefulness and actual use [19].

Our third research question (RQ₃) focused on the positive impact of prior knowledge of AlgoRythmics visualizations. Our research findings highlighted that although all participants generally rated the visualization positively, those students who had already used AlgoRythmics videos during their learning process showed stronger correlations between the aspects of usefulness, enjoyment, and attitude. This result encourages us not to overlook students' learning techniques during their educational journey and to assist them early on by providing compatible learning strategies that can significantly improve their attitudes.

Overall, despite the time-consuming nature of the design process, we successfully created a new AlgoRythmics visualization that embodies thorough and creative work. The positive feedback on the method confirmed that it is worthwhile to develop similar methods, as a well-designed and meticulously planned model ensures long-term value and reuse.

6 Conclusion and Summary

The results of the three main studies confirm the need for introducing similar methods from an early age to develop everyone's problem-solving abilities. We believe that teaching programming-related topics should no longer be considered a privilege. As Wing emphasizes, developing these skills should be accessible to everyone [20]. The AlgoRythmics method has always aimed to provide a unique and engaging perspective on various computer science algorithms for individuals across all fields of life.

The work over the past years has primarily focused on researching the effectiveness of visualizations illustrated through human movement. We have designed and created visualizations that, instead of using dance, employ acting to offer a clearer yet captivating experience for the viewer. The conclusions drawn in this dissertation reinforce our commitment to continue researching related topics and developing visualizations. The world of visualizations built around the concept of human movement still holds immense potential.

In summary, the three main research studies demonstrate the importance of incorporating innovative and engaging methods into computer science education from a young age. These methods, such as those employed by AlgoRythmics, can foster problem-solving skills and make programming-related topics more accessible and enjoyable for everyone. Our findings advocate for the continuous exploration and development of human movement-based visualizations, as they promise to enhance the educational experience and broaden the reach of computer science education.

7 Future plans

We hope that in the future, we will be able to enrich the AlgoRhythmics repertoire with more unique tools that can be incorporated into the educational curriculum from a very young age, ensuring that students' problem-solving skills remain in the spotlight.

In this regard, we have already initiated a new visualization project that demonstrates a sorting algorithm through Kalotaszeg dances. Besides visualizations illustrated with dance, we aim to visualize additional fundamental computer science algorithms (e.g., finding the minimum and maximum, counting) through acting in the future.

These efforts underscore our commitment to providing engaging, innovative educational tools that make learning computer science concepts enjoyable and accessible from early childhood, fostering problem-solving skills and computational thinking from the start.

8 References

- 1 Dewey, J. (1938). *Experience and Education*. Collier Books.
- 2 TED (Director). (2007, January 7). *Do schools kill creativity? | Sir Ken Robinson | TED* [Video recording]. <https://www.youtube.com/watch?v=iG9CE55wbtY>
- 3 Kátai, 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>
- 4 Kátai, Z., Toth, L., & Adorjani, A. K. (2014). Multi-Sensory Informatics Education. *Informatics in Education*, 13(2), 225–240. <https://doi.org/10.15388/inedu.2014.13>
- 5 Kátai, Z., Osztian, E., & Lorincz, B. (2021). Investigating the computational thinking ability of young school students across grade levels in two different types of Romanian educational institutions.
- 6 Kátai, 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>
- 7 Kátai, Z., & Osztian, E. (2021). Improving AlgoRhythmic Teaching-Learning Environment by Asking Questions. *International Journal of Instruction*, 14(2), 27–44. <https://doi.org/10.29333/iji.2021.1423a>
- 8 Kátai, 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>
- 9 *AlgoRhythmics*. (2011). YouTube. <https://www.youtube.com/@AlgoRhythmics>
- 10 Osztian, P.-R., Kátai, Z., Osztian, E., & Vekov, G.-K. (2017). Algoritmika és művészet, avagy kupacrendezés kalotaszegi módra. *Energetika-Elektrotechnika – Számítástechnika És Oktatás Multi-Konferencia*, 199–203.
- 11 Osztian, P.-R., Kátai, Z., & Osztian, E. (2021). AlgoRhythmics online oktatási környezet: AlgoRhythmics online learning environment. *Energetika-Elektrotechnika – Számítástechnika És Oktatás Multi-Konferencia*, 70–80.
- 12 Osztian, P.-R., Kátai, 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>
- 13 Osztian, P. R., Kátai, Z., & Osztian, 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>
- 14 Osztiana P.-R., Kátai Z., & Osztian E. (2023). *Élmény- és drámapedagógiai elemek az oktatásban*. <https://people.inf.elte.hu/szlavi/InfoDidact23/Manuscripts/OPRKZOE.pdf>

- 15 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>
- 16 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>
- 17 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>
- 18 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.
- 19 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>
- 20 Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33–35. <https://doi.org/10.1145/1118178.1118215>



Registry number: DEENK/405/2024.PL
Subject: PHD Publication List

Candidate: Pálma Rozália Osztián
Doctoral School: Doctoral School of Informatics
MTMT ID: 10073673

List of publications related to the dissertation

Foreign language scientific articles in international journals (3)

1. Kátai, Z., **Osztián, P. R.**, Iclanzan, D.: Enacting algorithms: Evolution of the algorithmics storytelling.
Educ. Inf. Technol. 29, 1-32, 2024. ISSN: 1360-2357.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10639-024-12617-y>
IF: 4.8 (2023)
2. **Osztián, P. R.**, Kátai, Z., Sántha, Á. R., Osztián, E.: Investigating the AlgoRythmics YouTube channel: the Comment Term Frequency Comparison social media analytics method.
Acta Univ. Sapientiae, Inf. 14 (2), 273-301, 2022. ISSN: 1844-6086.
DOI: <http://dx.doi.org/10.2478/ausi-2022-0016>
3. **Osztián, P. R.**, Kátai, Z., Osztián, E.: On the computational thinking and diagrammatic reasoning of first-year computer science and engineering students.
Front. Educ. 7, 1-9, 2022. EISSN: 2504-284X.
DOI: <http://dx.doi.org/10.3389/feeduc.2022.933316>
IF: 2.3

List of other publications

Hungarian book chapters (2)

4. Kátai, Z., **Osztián, P. R.**: A pszichozathasználat számítógépes gondolkodásra gyakorolt hatása.
In: Anyanyelvoktatás : A pedagógusjelöltek köznevelési feladatokra való felkészülése. Szerk.: Pletl Rita, Ábel kiadó, Kolozsvár, 72-95, 2023. ISBN: 9789731143149
5. Kátai, Z., **Osztián, P. R.**: Számítógépes gondolkodás a tanárképzős hallgatók perspektívájából.
In: Anyanyelvoktatás: A pedagógusképzés próbatétele: nevelés és oktatás egyensúlyának megteremtése. Szerk.: Pletl Rita, Ábel, Kolozsvár, [64-82], 2022. ISBN: 9789731142999





Hungarian conference proceedings (7)

6. **Osztíán, P. R.**, Kátai, Z., Osztíán, E.: Élmény- és drámapedagógiai elemek az oktatásban.
In: 16. Informatika Szakmódszertani Konferencia, Webdidaktika Alapítvány, Budapest, 1-10, 2024. ISBN: 9786158060875
7. Osztíán, E., **Osztíán, P. R.**: Önbizalom a vizsgákon: kézzel írott jegyzetek és programozás vizsgák sikertörténetei.
In: 16. Informatika Szakmódszertani Konferencia, Webdidaktika Alapítvány, Budapest, 1-10, 2024. ISBN: 9786158060875
8. **Osztíán, P. R.**, Kátai, Z., Osztíán, E.: Doodling és algoritmika.
In: INFODIDACT' 2022. 15. Informatika Szakmódszertani Konferencia : Előadaskötet. Szerk.: Szlávi Péter, Zsakó László, Webdidaktika Alapítvány, Budapest, 141-162, 2023. ISBN: 9786158060868
9. **Osztíán, P. R.**, Osztíán, E., Kátai, Z.: Algoritmus Vizualizációs Környezetek: Az interaktivitás hatása a tanulási eredményekre.
In: INFODIDACT'2020 13. Informatika Szakmódszertani Konferencia. Szerk.: Szlávi Péter, Zsakó László, Webdidaktika Alapítvány, Budapest, 149-163, 2020.
10. **Osztíán, P. R.**, Kátai, Z.: AlgoRhythmic: Tánctól a kódig.
In: INFODIDACT 2019. Szerk.: Szlávi Péter, Zsakó László, Webdidaktika az Oktatásért és az Információs Társadalomért Alapítvány, Budapest, 223-236, 2020.
11. Kátai, Z., Osztíán, E., Vekov, G. K., **Osztíán, P. R.**: Algo-Ritmika: új dimenziók.
In: INFODIDACT 2017. Szerk.: Szlávi Péter, Zsakó László, Webdidaktika az Oktatásért és az Információs Társadalomért Alapítvány, Budapest, 1-11, 2017. ISBN: 9786158060813
12. **Osztíán, P. R.**, Kátai, Z., Osztíán, E., Vekov, G. K.: Algoritmika és művészet, avagy kupacrendezés kalotaszegi módra = Algorithms and art Heapsort with traditional Transylvanian dance.
In: ENELKO 2017 XVIII. Nemzetközi Energetika-Elektrotechnika Konferencia, SzámOkt 2017 XXVII. Nemzetközi Számítástechnika és Oktatás Konferencia, Kolozsvár, 2017. október 12-15. Szerk.: Biró Károly-Ágoston, Sebestyén-Pál György, Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság, Cluj-Napoca, 199-203, 2017, (ISSN 1842-4546)

Foreign language conference proceedings (4)

13. **Osztíán, P. R.**, Kátai, Z., Osztíán, E.: Doodling and algorithmics.
In: 15th International Conference on Education and New Learning Technologies : EDULEARN23 Proceedings. Ed.: Luis Gómez Chova, Chelo González Martínez, Joanna Lees, International Academy of Technology, Education and Development (IATED). [s.l.], 2757-2766, 2023. ISBN: 9788409521517





14. Sántha, Á. R., **Osztzián, P. R.**, Osztlán, E., Kátai, Z.: The gender effect in computational thinking among first-year university students at the Sapientia Hungarian University of Transylvania.
In: Sociology of Education: Wellbeing and Resilience in the Times of Crisis. Ed.: Anna Odrowaz-Coates, The Maria Grzegorzewska University Press, Warsaw, 91-100, 2023. ISBN: 9788367721332
15. **Osztzián, P. R.**, Kátai, Z., Osztlán, E.: Algorithm Visualization Environments: degree of interactivity as an influence on student-learning.
In: 2020 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE), IEEE, dPiscataway, 1-8, 2020, (ISSN 2377-634X) ISBN: 9781728189611
16. Nagy, E. J., **Osztzián, P. R.**, Cosma, C., Kátai, Z., Osztlán, E.: Looking for the Optimal Interactivity Level in the AlgoRhythmic Learning Environment.
In: EdMedia + Innovate Learning : 2019 conference. Ed.: Theo Bastiaens, Association for the Advancement of Computing in Education, Waynesville, 106-114, 2019. ISBN: 9781939797421

Foreign language abstracts (1)

17. **Osztzián, P. R.**: Algorithm visualization using human movement effect: It's your turn.
In: 8th International Conference on Mathematics and Informatics, [Sapientia Hungarian University of Transylvania], [Marosvásárhely], 42, 2021.

Total IF of journals (all publications): 7,1

Total IF of journals (publications related to the dissertation): 7,1

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

17 July, 2024

