

Algoritmus-vizualizációs környezetek: Az interaktivitás tanulási eredményekre való hatása

Osztían Pálma Rozália¹, Osztían Erika², Kátai Zoltán³

{¹osztian.palma, ²osztian, ³katai_zoltan}@ms.sapientia.ro
Sapientia EMTE Marosvásárhelyi Kara Matematika-informatika tanszék

Absztrakt. A számítógépes gondolkodás az egyik legfontosabb és legalapvetőbb készség, amellyel minden XXI. századi embernek rendelkeznie kell ([21]). A számítógépes algoritmusok bevezetése az oktatásba nemcsak a hallgatók programozási képességeit, hanem számítógépes gondolkodását is javíthatja ([5]). Turing ([19]) szerint a számítógépes algoritmusok működésének megértése azt feltételezi, hogy a hallgatók el tudnak képzelni egy „*egyértelmű mentális képet a gép állapotáról a számítás minden egyes pillanatában*”. Mivel a számítógépes algoritmusok absztrakt dinamikus folyamatok, ezek megjelenítésének leggyakoribb eszközei lehetnek az animációk. Berney és Bétrancourt ([2]) kihangsúlyozzák, hogy egy koherens mentális modell animációkból való felépítését nagymértékben befolyásolhatják a tanulók egyéni jellemzői (például előzetes ismeretek). További kritikusan fontos tényező lehet az oktatási anyag bemutatása, a tanulási feladatok jellemzői, valamint az, hogy milyen mértékben vannak a felhasználók bevonva a tanulási folyamatba.

Ebben a tanulmányban elsősorban arra összpontosítottunk, hogy a hallgatók algoritmus-vizualizációs (AV) folyamatokba való bevonása hogyan befolyásolhatja a tanulási eredményt. Az AV területén végzett kutatások vegyes eredményekhez vezettek. Az egyik legfontosabb tanulmány ([9]), mely ennek hatékonyságáról számol be, arra a következtetésre jutott, hogy a módszer, amelyet alkalmazunk a vizualizációk során sokszor fontosabb, mint maguk a vizualizációk. Shaffer és munkatársai ([18]) gondolataival élve kijelenthetjük, hogy az AV-k pedagógiailag hasznosak kell legyenek, támogatniuk kell a hallgatói interakciót és az aktív tanulást. Éppen ezért, kutatásunkhoz olyan online környezetet választottunk, amely mindezt lehetővé tudja tenni.

Tanulmányunkat az AlgoRhythmic ([7]) tanulási környezetben valósítottuk meg, amely tánc-koreográfiai illusztrációkkal és interaktív absztrakt animációkkal szemléltet tíz számítógépes algoritmust (rendezési és keresési stratégiák). Jelen tanulmány a Shell rendezés algoritmusára épült. Az algoritmus lépéseit szemléltető AlgoRhythmic animációk három úgynevezett interaktív „jólás” funkcióval rendelkeznek: *nincs-interaktivitás* (az oktatási anyag passzív megtekintése: a hallgatók független megfigyelők), *jél-interaktivitás* (a hallgatók részlegesen vannak bevonva az algoritmus-vizualizációs folyamatba: bizonyos kulcsfontosságú pillanatokban az animáció hirtelen megáll, és felhasználói beavatkozás szükséges) és *teljes-interaktivitás* (a felhasználók teljes irányítást kapnak: a hallgatókat felkérjük, hogy „vezényeljék le” a teljes algoritmusra vonatkozó lépéseket). Ennek megfelelően vizsgálataink arra összpontosítottak, hogy az interaktivitás különböző szintjei milyen hatással vannak a hallgatók tanulására. A kísérletet elsőéves hallgatókkal végeztük.

Kulcsszavak: interaktivitás, algoritmusok, animációk, online oktatási környezetek

1. Bevezető

A technológia és a világ előrehaladásával az online oktatási környezetek egyre inkább elterjedtek és egyre népszerűbbek az algoritmus-oktatásban. Azt tapasztalhatjuk, hogy ezek az online környezetek nagyon gyakran tartalmaznak látványos vizualizációkat melyek jelentősen elősegítik az algoritmusban való elmélyülést és annak megértését. Ezeknek a vizualizációknak egyik leggyakoribb formája a

kifejező animációk, melyek absztrakt jellegüknek köszönhetően manapság már kritikusan fontos ábrázolási technikának számítanak. A vizualizáció mellett, egy másik nagyon fontos jellemzője az online oktatási környezeteknek az, hogy milyen szinten vonják be a felhasználót a tanulási folyamatba.

Az aktív tanulás különböző formáiról szóló előzetes szakirodalmi kutatások vegyes eredményekhez vezettek. Míg néhány kutató azt vallotta, hogy a felhasználói irányítás hasznos lehet, mások azt a következtetést vonták le, hogy az animációs folyamat megszakításának negatív hatása is lehet.

Kutatásunk megvalósításához az AlgoRhythmic online oktatási környezetet választottuk, mely tíz algoritmus vizualizációját tartalmazza (rendező- és kereső stratégiák). Emellett, lehetővé teszi az aktív tanulás (interaktivitás) különböző szintjeivel való oktatást, melyek közül jelen kutatásban hármat használtunk fel: nincs-interaktivitás (passzív megtekintés), fél-interaktivitás (előre meghatározott kulcsmomentumokban az animáció megáll, és felhasználói interakcióra van szükség), teljes-interaktivitás (a tanulók „le kell vezényeljék” az algoritmus különböző mozzanatait elejétől a végéig). Jelen tanulmányban elsősorban azt tűztük ki célul, hogy az aktív tanulás különböző formái melyeket az algoritmus-vizualizációk (AV) során használunk milyen mértékben befolyásolják a tanulási eredményességét. Ezt a jelenséget az AlgoRhythmic környezetben megtalálható Shell rendezés vizualizációjának segítségével vizsgáltuk. A kutatásban résztvevői elsőéves egyetemista hallgatókból tevődött össze, akik különböző programozási tapasztalattal rendelkeztek. Kutatásunk eredményei közül néhányat bemutattunk a Svédországban megszervezett *Frontiers in Education konferencián*. Jelen tanulmányban szeretnénk ennek kibővített változatát bemutatni.

2. Az aktív tanulás algoritmus-vizualizációra vonatkozó formái

Az interaktív vizualizációkat már az 1980-as évektől kezdődően alkalmazták az oktatásban. 2002-ben Naps és munkatársai [15] azt állapították meg, hogy a vizualizáció segíthet (szinte minden válaszadó, aki részt vett a felmérésben egyetértett a következő kijelentéssel: „A vizualizációk segít a tanulóknak a számítástechnikai fogalmak elsajátításában”). Érdekes módon, ugyanabban az évben megjelent egy metaanalízis [9], mely ezzel ellentmondásos és vegyes eredményeket mutatott be, ami a vizualizációk pedagógiai felhasználását illeti. Amikor Naps és munkatársai újra elemezték a Hundhausen és munkatársai [9] által végzett metaanalízisben szereplő huszonegy kísérletet észrevették, hogy tizenkettőből tíz (83%) kísérlet, amely alkalmazta a felhasználók tanulási folyamatba való bevonását, jelentős eredményt hozott. A további kilenc kísérlet közül, amely manipulált ábrázolásokat tartalmazott, csak három (33%) vezetett jelentős eredményhez. Ezen megfigyelés alapján Naps és munkatársai [15] kijelentették, hogy az, amit a tanulók tesznek sokkal nagyobb kihatással lehet a tanulási eredményekre, mint az, amit csak látnak. Más szóval arra a következtetésre jutottak, hogy az AV technológia csekély oktatási értékű, hacsak nem vonja be a tanulókat egy aktív tanulási tevékenységbe.

Emellett, Naps és munkatársai [15] javasoltak hat kulcsfontosságú elvet, mely az aktív tanulás szintjeinek különböző formáit szemlélteti: 1) vizualizáció nélküli, 2) megtekintés (a hallgatók passzív módon látják az AV-t), 3) válaszadás (a hallgató válaszol a tartalommal kapcsolatos kérdésekre, miközben AV-t néz), 4) változtatás (a hallgató megváltoztatja az AV-t, például az algoritmus bemeneti adatainak megadásával), 5) leveznélés (a hallgató interaktív módon leveznél egy adott bementre az AV-t), 6) bemutatás (a hallgató bemutat egy AV-t másoknak).

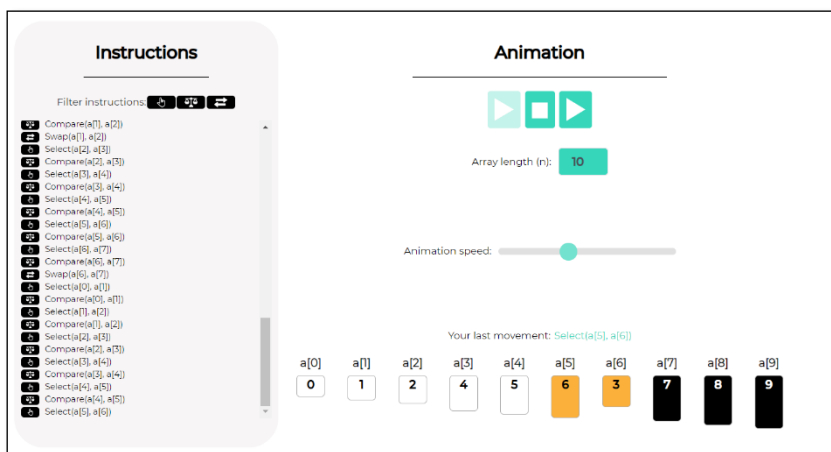
Továbbá, egy Grissom, McNally és Naps [6] által kidolgozott kutatás összehasonlította három csoport eredményét, akik az aktív tanulás különböző szintjén bemutatott vizualizációkkal tanultak: 1) vizualizáció nélküli (nem tartalmazott vizualizációt), 2) megtekintés (a vizualizáció egyszerű megtekintése), 3) válaszadás (felhasználói interakciók a vizualizáció során). A kutatók azt a következtetést vonták le, hogy minél magasabb szintű felhasználói bevonást alkalmaztak, annál jobb tanulási eredményeket értek el.

Jelen kutatás kapcsán három szintjét különböztettük meg az aktív tanulás formájának: megtekintés, válaszadás és levezénylés. A válaszadás elvét az „interaktív jóslás” segítségével valósítottuk meg, míg a levezénylés szint biztosításához Karavirta és Shaffer [11] tanulmányát vettük alapul. Ők azt fogalmazták meg, hogy ez a típusú szemléltetési forma egy adatszerkezet és egy algoritmust ad alapul, és elvárja a hallgatóktól, hogy szimulálják az algoritmust. Ez tulajdonképpen azt jelentette, hogy az AV előrehaladásának érdekében a hallgatókat felkérjük az algoritmus konkrét lépéseinek a levezénylésére. Mindezt úgy, hogy a környezet nyújtotta interfészt ennek megfelelően manipulálják. Ezt a három feltételt a továbbiakban nincs-interaktivitás, fél-interaktivitás és teljes-interaktivitás fogalmakkal fogjuk azonosítani.

A dinamikus vizualizációkkal való tanítás és tanulás sokrétű kutatási terület, amely összefonódó tényezőket is magában foglal. Két fontos alapelv, melyek a dinamikus reprezentációk interakció-tervezéséhez kapcsolódnak: szegmentálás és ütemezés [16]. Megfigyelhető, hogy a fél-interaktivitás implicit módon szegmentálást generál, és a teljes-interaktivitás a műveleteknek a tanuló általi ütemezését, levezénylését követeli. Továbbá, a tanulási stílus szempontjából megkülönböztethetjük a funkcionális interaktivitást és a kognitív interaktivitást [16]. Bár a tanulmány a kognitív interaktivitás jellemzőire összpontosít, az elemzett körülmények különbözhetnek a funkcionális interaktivitás szempontjából. Általánosabban megfogalmazva: több interdiszciplináris tényező együttes hatása (pszichológiai tényezők, animációs formatervezés, tanulási környezet, didaktikai megvalósítás stb.) kínálhat megbízható magyarázatot arra, hogy e kutatási terület eredményei miért ellentmondások.

3. Az AlgoRythmics online oktatási környezet

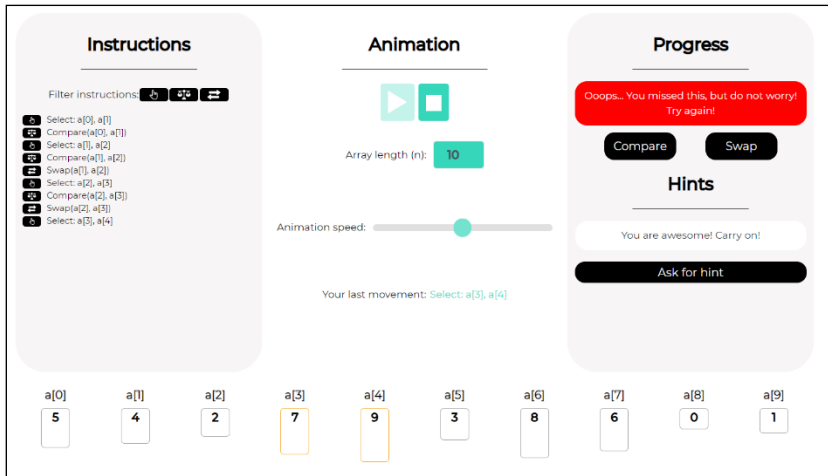
Az AlgoRythmics oktatási környezet, mely segítségével a kutatást végrehajtottuk, öt tanulási lépés köré épül (videó, animáció, irányítás, kódépítés és életre kelt kód) és lehetőséget biztosít arra, hogy különböző módon vonjuk be a felhasználókat a tanulási folyamatba. Az animációk három üzemmódban működnek: megtekintés, válaszadás és levezénylés. Megtekintési módban (nincs-interaktivitás) a hallgatók független megfigyelők, és a következő alapvető felhasználói lehetőségek állnak rendelkezésre: lejátszás, szünet, leállítás gombok és animációs sebességszúszka (1. ábra).



1. ábra: Megtekintés mód (nincs-interaktivitás)

Válaszó módban (fél-interaktivitás) a hallgatók részlegesen vannak bevonva a tanulási folyamatba, ami azt jelenti, hogy egy előre meghatározott kulcsfontosságú pillanatban az animáció hirtelen megáll, és felhasználói beavatkozásra van szükség. A levezénylés módban (teljes-interaktivitás) a tanulóknak irányítaniuk kell a teljes animációs folyamatot, ők az algoritmus, a műveletek megvalósítójának építői. A következő helyes művelet kiválasztásához az alábbi felhasználói

lehetőségek állnak rendelkezésre mind választadó, mind levezénylés módban: elemek kiválasztása, összehasonlítás és csere (2. ábra). Amennyiben a felhasználó nem tudja, hogyan kell folytatni a helyes műveletek sorozatát, a környezet segítséget biztosít a folytatáshoz.



2. ábra: Választadás (fél-interaktivitás) és levezénylés (teljes-interaktivitás) mód

Tanulmányunkban a három interaktivitási szinthez egy-egy jól meghatározott csoportot társítottunk: G1 (nincs-interaktivitás), G2 (fél-interaktivitás) és G3 (teljes-interaktivitás). Kísérletünkben minden résztvevőnek egyszer állt lehetőségében elvégezni az adott tanfolyamhoz tartozó lépéseket, illetve minden AV esetében a bemenet egy tanár által előre meghatározott számsorozat volt.

4. Kutatási kérdések

Az előzetes szakirodalmi kutatások alapján azt feltételeztük, hogy az aktív tanulás szintjének növelésével a tanulás eredménye is növekedni fog. Ennek kapcsán a következő kutatási kérdéseket fogalmaztuk meg:

- **K₁**: Hogyan befolyásolja az interaktivitási szint a tanulási eredményt?
- **K₂**: Milyen mértékben befolyásolja az algoritmus megértését a hallgatók előzetes programozási tapasztalata?
- **K₃**: Van-e szignifikáns különbség a nemek teljesítménye között?
- **K₄**: Van-e összefüggés az interaktivitás szintje és az elsajátított tudás jellege között?

5. Módszertan

A kutatás egy három fázisból (*előteszt, tanulási fázis, utóteszt*) álló kísérletet foglalt magába, mely a 2019/2020 – as tanévben valósult meg, a Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem Marosvásárhelyi karán.

5.1. Résztvevők

A kísérleten összesen 137 hallgató vett részt, melyek közül három nem töltötte ki helyesen az előzetes kérdőívet, így a kutatás során 134 hallgató (14% nő) eredményeit összesítettük. A résztvevők a Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem elsőéves hallgatóiból tevődtek össze, 5 különböző szakról: Automatika, Gépészmérnöki, Informatika, Mechatronika és Számítástechnika. A

résztevőket három kategóriába soroltuk az előzetes programozási tapasztalatok alapján: *Nincs előzetes programozási tapasztalat* (NP: egy évet sem tanultak programozást a középiskolás évek során), *Alap programozási tapasztalattal* (BP: 1,2 vagy 3 évet tanultak programozást a középiskolás évek során, természettudomány osztály diákjai; heti 1-2 programozás óra) és *Magas programozási tapasztalattal* (HP: 4 évet tanultak programozást a középiskolás évek során, matematika-informatika osztály diákjai; heti 5-7 programozás óra) rendelkező diákok. A különböző programozási tapasztalat szerinti csoportokhoz tartozó diákok véletlenszerűen lettek elosztva három csoportba: G_1 , G_2 és G_3 .

A tanulási fázis, valamint az utóteszt során 46 hallgató képezte a G_1 csoport tagjait, míg a G_2 és a G_3 csoportokba 44 hallgató tartozott (a tesztet helytelenül kitöltő hallgatók a G_2 , illetve G_3 csoporthoz tartoztak).

A nők átlagos eloszlása a különböző csoportokra vonatkozóan a következő volt: 10.86%, 18.18%, 13.63%, melyek nem vezettek szignifikáns különbséghez (Chi-négyzet próba: $p = 0.6 > 0.05$). Az előzetes programozás tapasztalat szerinti átlag 2.17, 2.11, illetve 2.20 (év) a G_1 , G_2 és G_3 csoportok esetén, mely szintén nem eredményezett szignifikáns különbséget (Chi-négyzet próba: $p = 0.98 > 0.05$) (1. táblázat).

Összesen: 134 hallgató		G_1	G_2	G_3
Nem	Férfi	41	36	38
	Nő	5	8	6
Előzetes programozási tapasztalat	NP	14	13	19
	BP	15	11	18
	HP	13	13	18
Előzetes programozási tapasztalat szerinti átlag		2.17	2.11	2.20

1. táblázat: A résztvevők eloszlása az előzetes programozási tapasztalat és nemek szerint

5.2. Kutatási eszközök

Az előzetes kérdőív, előteszt és utóteszt a Socrative online platformon volt megvalósítva. Az előzetes kérdőív 8 kérdésből állt: 1 személyes adatok feldolgozására vonatkozó kérdés, 2 demográfiai adatokra vonatkozó kérdés és 5 kérdés az előzetes programozási tapasztalattal kapcsolatban (Hány évet tanultak programozást a középiskolás évek során? Ismerősek-e számukra a következő rendező algoritmusok: buborék-, kiválasztó-, beszűrő- és shell-rendezés?).

Annak érdekében, hogy felmérjük a résztvevők számítógépes gondolkodását, az előteszt kérdései közé 8 olyan kérdést választottunk, melyeket programozási tapasztalattól függetlenül meg tudtak válaszolni a hallgatók. Ezeket a Bebras verseny [8] honlapjáról választottuk ki.

Az AlgoRythmics online oktatási környezet biztosította a tanulási fázis megvalósítását, mely során a shell rendezés animációi kerültek bemutatásra (7 elemű számsorozaton), mivel a résztvevők közül csak 7% - nak volt ismerős ez a rendezési stratégia, és egyikük sem tanulta a középiskolában. A kísérlet magába foglalta az animációnak mindhárom formáját: megjelenítés, válaszadás és levezénylés.

Az utóteszt a következő 12 kérdésből állt (pontozás: 0-12):

- **K₁₋₆**: Tekintsük a növekvő sorrendbe rendező „3-1 Shell rendezést” (3 és 1 lépésköz) az $x[0..6] = \{1, 19, 7, 8, 12, 11, 9\}$ hét-elemű számsorozaton. Művelet alatt hasonlítást vagy cserét értünk. Melyik az első három lépés (jelölje meg a műveletet és a cserélendő vagy összehasonlító elem párokat)? ELSŐ/MÁSODIK/HARMADIK ($x[?]$, $x[?]$)
- **K₇₋₈**: Tekintsük a növekvő sorrendbe rendező „3-1 Shell rendezést” (3 és 1 lépésköz) az $x[0..6] = \{1, 19, 7, 8, 12, 11, 9\}$ hét-elemű számsorozaton. Melyik két elem kerül összehasonlításra az összehasonlít($x[3]$, $x[6]$)/ összehasonlít($x[5]$, $x[6]$) művelet után?

- **K_{9,12}** (általánosítás): Hány összehasonlítás/ csere műveletet hajt végre egy növekvő sorrendbe rendező „3-1 Shell rendezést” (3 és 1 lépésköz) egy 7 hosszúságú növekvő/ csökkenő sorozat esetén?

5.3. A kutatás menete

A kutatás 2 órát vett igénybe. Ebből 30 perc volt az előteszt, amelyet egyszerre tartottunk meg mindhárom csoportnak az egyetem egy előadótermében. Mivel a résztvevők közül sokak számára nem volt ismerős az AlgoRythmics online oktatási környezet, a tanulási fázis felvezetőjeként tartottunk egy rövid bemutatót a platformról. A 15 perces szemléltetés során a beszúró rendezés animációit mutattuk be, mindhárom módban.

Miután mindhárom csoport (G₁, G₂ és G₃) résztvevői külön laboratóriumba vonultak kezdetét vette a tanulási fázis. Ezalatt, mindenkinek regisztrálnia kellett az online oktatási környezet oldalára, ahol azt követően elvégezheték a számukra kijelölt tanfolyamtípust. Ez legtöbb 30 percet vett igénybe, mely időkorlát a G₃ csoport függvényében volt meghatározva, hiszen a G₁ és G₂ csoportok lévén, hogy egyszerűbb feladatot kaptak, hamarabb be kellett fejezzék a tanfolyam elvégzését). Minden csoport két alkalommal követhette végig az algoritmus-vizualizáció animációját. Először, mindhárom csoport a vizualizáció alapformáját [15] tekinthette meg, vagyis egyszerű megtekintést (*nincs-interaktivitás*). Ezt követően, a második megtekintés során a G₁ csoport *nincs-interaktivitás*, a G₂ csoport *fél-interaktivitás*, míg a G₃ csoport *teljes-interaktivitás* módban tekinthette meg az animációt.

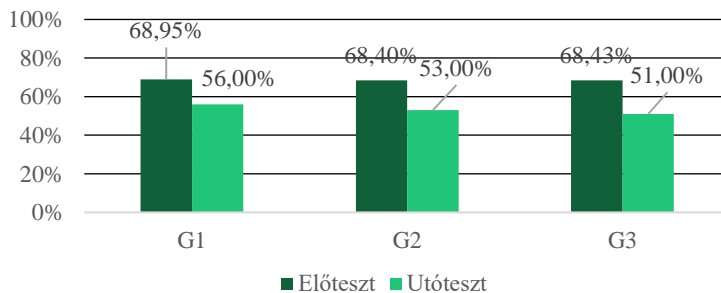
A kutatás utolsó fázisaként következett az utóteszt, melyet minden csoport ki kellett töltsön. Ennek kitöltése hozzávetőlegesen 20 percet vet igénybe.

6. Eredmények

Az eredmények feldolgozásához SPSS statisztikai szoftvert alkalmaztunk. A következő eredmények már bemutatásra kerültek a *Frontiers in Education* svédországi konferencián.

Az előteszten elért eredményeket egyszempontos variancia-analízissel (ANOVA) vizsgáltuk. A független változó az aktív tanulásra vonatkozó oktatási feltétel volt (nincs-, fél-, teljes-interaktivitás), míg a függő változó az előteszten elért pontszám. A Levene próba azt mutatta, hogy a csoportok azonos varianciájúak voltak, így a szóráshomogenitás elve teljesült ($p = 0.93 > 0.05$). Ahogy azt feltételeztük, nem jutottunk szignifikáns különbséghez ($F(2,130) = 0.0007, p = 0.99 > 0.05$).

Következő lépésként elemeztük a résztvevők eredményeit az utóteszten szerzett pontszámok alapján is (**3. ábra**). Ennek vizsgálatához kovariancia-elemzést használtunk (ANCOVA). A független változónk ismét az oktatási feltétel volt, és a függő változó pedig az utóteszten elért pontszám (a homogenitás elve teljesült: $p = 0.27 > 0.05$). Mint kovariancia érték, az előteszten elért pontszámot vettük alapul. Bár egy mérsékelt csökkenés (G₁: 56%, G₂: 53%, G₃: 51%) figyelhető meg, ez nem vezetett lényegesen eltérő különbségekhez ($F(2,130) = 0.846, p = 0.432 > 0.005$).



3. ábra: Elő- és utóteszt pontszámok az interaktivitás függvényében

Ezek az eredmények nem igazolták az előzetes feltételezésünket, miszerint a tanulási eredmény növekedni fog, ha az interaktivitási szint is növekszik. Mindez arra enged következtetni, hogy általánosan meghatározható optimális interaktivitási szint nincs. Ez a kijelentés számos előzetes szakirodalmi kutatásnak ellentmond. Például Shaffer és munkatársai [18] az a következtetést vonták le ([15] és [9] alapján), hogy egyre több bizonyíték utal arra, hogy a legfontosabb tényező, amely hozzájárul az AV-vel való tanulás hatékonyságához a hallgatók figyelmének bevonásán alapszik.

Ennek ellenére, számos olyan kutatás is ismeretes, amelyek a mi következtetéseinkkel harmonizálnak. Például Jarc, Feldman és Heller [10] sem jutott szignifikáns különbségekhez a tanulási eredmények tekintetében, amikor összehasonlították az interaktív (interaktív jóslás) módban, illetve interaktivitás nélküli (passzív megtekintés) módban bemutatott AV-t. Erre egy egyszerű magyarázat lehet Shaffer és munkatársainak [18] következtetése, miszerint a hallgatók figyelmének felkeltése többféleképpen is elérhető. Ez arra utal, hogy az egyszerű megtekintése az AV-nak is lehet érdekes a diákok számára, akkor is, ha nem tartalmaz semmilyen jellegű interaktivitást. Továbbá, Myller és Laakso [14] is hasonló eredményekhez jutott. Ők is azt tapasztalták, hogy a megjelenítés két különböző formája: egyszerű megtekintés és változtatás módok nem vezettek jelentősen eltérő eredményekhez.

Hasonló eredményeket találtunk az animációra vonatkozó ütemezéssel kapcsolatban. Az előzetes kutatások vegyesen vélekednek ennek hatékonyságáról. Néhányan úgy vélték, hogy van előnye az animáció irányításának, levezénylésének ([3], [13], [17]), míg mások nem tapasztalták ennek jelentős hasznát ([1]). Az egyik legfontosabb következtetést Berney és Bétrancourt ([2]) fogalmazta meg, akik szerint az animáció pozitív hatása a statikus elemekkel szemben csak akkor volt érzékelhető, ha a tanulók nem kellett irányítsák az animációs folyamatot, az AV ütemezését.

Továbbá, Jarc és munkatársai ([10]) az interaktív jóslás módszerének használata kapcsán azt tapasztalták, hogy olykor a diákok egy találgató játékként kezelik a megjelenő kérdéseket (melyik a következő művelet), és nem veszik komolyan a válaszadást. Ennek következtében a hallgatók aktív tanulásba való bevonása valójában nem történik meg.

Az eredményeink alapján arra tudunk következtetni, hogy mindhárom aktív tanulásra vonatkozó módnak vannak előnyei és hátrányai egyaránt. Az, hogy az interaktív feltétel nem vezetett jobb eredményekhez azzal is magyarázható, hogy az animációs folyamat megszakítása, feldarabolása ronthat az összképen, és ennek következtében a tanulók kevésbé tudnak elmélyülni az algoritmus vizualizációjában. Az, hogy kellőképpen megértsék az algoritmust, azt feltételezi, hogy az apró részletekből (algoritmus lépései) a végén tudjanak alkotni egy átfogó képet is. A vizualizáció töredezettsége megakadályozhatja a felhasználókat ennek a mentális képnek a kialakításában.

Fontos megemlíteni azt is, hogy ezeket az eredményeket a környezet használatához kapcsolódó nehézségek is befolyásolhatták. Bár kifejezetten összpontosítottunk arra, hogy a 15 perces bemutató során kellő rálátást nyújtsunk az online környezet funkcionalitásaira, az animáció levezénylésének módjára, ezzel minimálisra csökkentve a platform használatának nehézségét, elképzelhető, hogy ennek ellenére a teljes interaktivitás módban nehezebben boldogultak a hallgatók. Ezt természetesen figyelembe vettük, és a tanulási fázis során a G₃ csoport tagjainak több idő állt rendelkezésükre a tanfolyam elvégzésére.

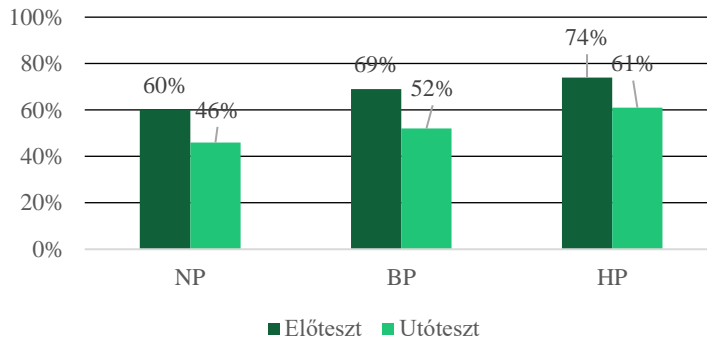
6.1. Teljesítmény vizsgálata az előzetes programozási tapasztalat függvényében

A hallgatók teljesítményét az előzetes programozási tapasztalatok függvényében is elemeztük (4. ábra), úgy az előteszten, mint az utóteszten elért pontszám alapján (független változó: NP, BP vagy HP, függő változó: elő-/ utóteszten elért pontszám). Mindkét esetben, ahogy azt feltételeztük, az ANOVA elemzés szignifikáns különbségekhez vezetett (*előteszt*: $F(2, 130) = 3.455, p = 0.034 < 0.05$; *utóteszt*: $F(2, 130) = 11.299, p = 0.00 < 0.05$). Amikor részletesebben megvizsgáltuk az eredményeket (párónkénti kontraszt-analízis) azt tapasztaltuk („<” jelentése: nincs

szignifikáns növekedés, „<<” jelentése: marginálisan szignifikáns növekedés, „<<<” jelentése: szignifikáns növekedés), hogy:

- Előteszt: NP << BP < HP;
- Utóteszt: NP < BP <<< HP;

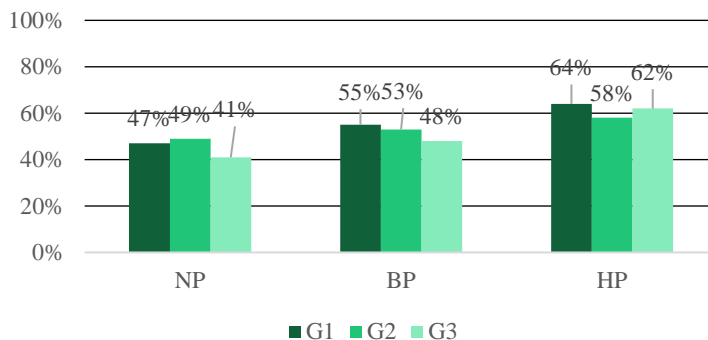
Érdekes módon, míg az NP és HP kategóriákba tartozó diákok eredményei közti különbségek majdnem teljesen megegyeztek mindkét esetben (előteszt: 60% vs. 74%, utóteszt: 46% vs. 61%), a BP kategóriába tartozó diákok előteszten elért eredménye a HP kategóriába tartozó kollegáik teljesítményéhez volt közel, az utóteszten elért pontszámuk az NP kollégák eredményét közelítette. Ennek egy lehetséges magyarázata az lehet, hogy az utóteszt kérdéseinek 66%-a (K_{1-8}) az algoritmus konkrét műveleteire, míg 33%-a (K_{9-12}) az algoritmus bonyolultságra vonatkozó kérdésekre épült, mely csak a HP kategóriába tartozó hallgatók középszikolás tanterve tartalmazott.



4. ábra: Elő- és utóteszten elért pontszámok az előzetes programozási tapasztalat függvényében

Arra is kíváncsiak voltunk, hogy vajon hogyan teljesítettek egymáshoz képest a különböző kategóriába (NP, BP, HP) tartozó hallgatók a különböző interaktivitással rendelkező csoportok (G_1 , G_2 , G_3) esetén (5. ábra). Ahhoz, hogy erre választ kapjunk, kétszemponos varianciaanalízist alkalmaztunk, ahol a két független változónk az oktatási feltétel (nincs-, fél-, teljes-interaktivitás) és az előzetes programozási tapasztalat (NP, BP, HP) volt. Független változóként a résztvevők utóteszten elért pontszámát választottuk (A Levene-próba igazolta, hogy azonosak a varianciák: $p = 1.54 > 0.05$). Nem jutottunk lényegesen eltérő különbségekhez ($p = 0.6 > 0.05$). Megvizsgáltuk az eredményeket három különböző ANOVA elemzéssel is minden kategóriára vonatkozóan (NP, BP, HP), de ez sem vezetett szignifikáns különbségekhez.

Ezek az eredmények összhangban vannak néhány előzetes szakirodalmi kutatás eredményeivel. Myller, Laakso és Korhonen ([14]) például hasonlóképpen két csoportba osztotta a kutatásban résztvevőket az előteszt eredményeik alapján: NPK (nincs előzetes tapasztalat az adott témát illetően) és SPK (van előzetes tapasztalat a témát illetően). Bár a szerzők megemlítik, hogy a felhasználók magasabb szintű bevonása jobban kedvezett az NPK csoport diákjainak, végkövetkeztetésként ők is arra jutottak, hogy nem volt statisztikailag szignifikáns eltérés a két csoport eredményei között.



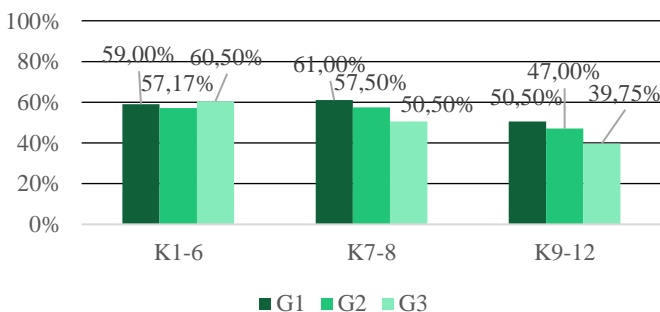
5. ábra: Utóteszten elért pontszámok az interaktivitás és az előzetes programozási tapasztalat függvényében

6.2. Az interaktivitási szint és az elsajátított tudás jellege közti összefüggés

Az utóteszt kérdéssora összeállításakor három különböző kérdéstípust határoztunk meg. Az első 6 kérdés az algoritmus egymásután következő műveleteire vonatkozott (első három művelet). Azt feltételeztük, hogy ezek a kérdések leginkább a teljes-interaktivitással tanuló csoportnak fognak a legjobban sikerülni, hiszen nekik fel kellett építeniük az algoritmust lépésről lépésre (ki kellett válasszák a helyes elem párt, majd az ezekre vonatkozó helyes műveletet, majd újra és újra). A 7-8 kérdések véletlenszerűen kiválasztott lépésekre vonatkoztak, mely a lépéssorozat valamely tagját képezték. Ezek a kérdések leginkább a fél-interaktivitás móddal harmonizáltak (interaktív jóslás). Az utolsó négy kérdés az algoritmus bonyolultságra vonatkozó kérdésekre épült, vagyis arra, hogy milyen mértékben sikerült a résztvevőknek megérteni az algoritmus startégiáját és kialakítani erről egy összefüggő mentális képet. Úgy véltük, ezt leginkább az nincs-interaktivitás mód teszi lehetővé.

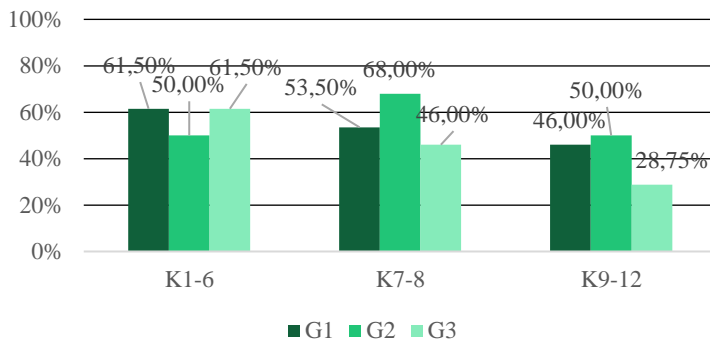
A hallgatók összteljesítménye csökkent, ahogy egyre komplexebb kérdések kerültek megválaszolásra (K₁₋₆: 59%, K₇₋₈: 56%, K₉₋₁₂: 45%). Míg a K₁₋₆ és K₇₋₈ kérdések eredményei közel voltak egymáshoz, a K₉₋₁₂ kérdéseken elért pontszám jelentősen alacsonyabb volt ezeknél. A Bloom rendszertant [12] alapul véve azt mondhatjuk, hogy ez egy várható eredmény, mivel az első 8 kérdés az alkalmazási szintre vonatkozott, míg az utolsó 4 az elemzési szintre.

Amikor külön megvizsgáltuk a csoportokat az egyetlen (marginálisan) szignifikáns eredmény a G₃ csoportra vonatkozó K₉₋₁₂ kérdések esetén született, az ennek megfelelő G₁ és G₂ csoportok eredményeivel szemben (ANOVA, kontraszt értékek: (-1, -1, 2); $p = 0.058$) (6. ábra). Egy lehetséges magyarázat arra, hogy a G₃ csoport diákjai miért teljesítettek gyengébben a K₉₋₁₂ kérdések esetén az lehet, hogy a teljes-interaktivitás a vizualizáció szaggatottságát eredményezte, és így a hallgatók nehezebben tudtak kialakítani egy átfogó képet az algoritmusról.



6. ábra: Eredmények az interaktivitás és a kérdéstípus függvényében

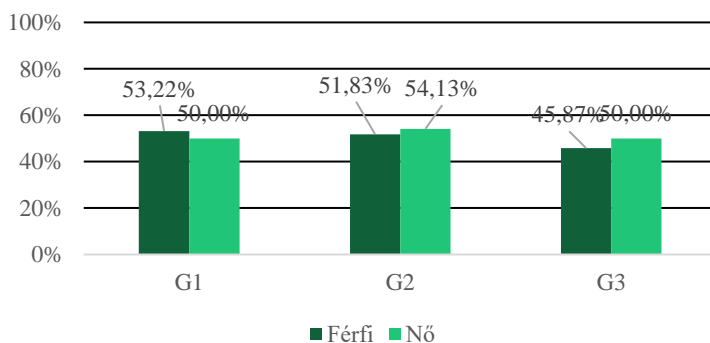
Következő lépésként elemeztük az eredményeket minden kategória (NP, BP, HP) esetén külön-külön. Az egyetlen szignifikáns különbség a BP hallgatók esetén volt látható (7. ábra). Amikor külön megvizsgáltuk a három csoportot (G₁, G₂, G₃), érdekes következtetésekhez jutottunk. Annak ellenére, hogy a G₁ és G₃ csoport teljesítményénél egy lineáris csökkenés figyelhető meg, az eltérés változó (G₁: 61.5%, 53.5%, 46%; G₃: 61.5%, 46%, 28.8%). További érdekességnek mondható az, hogy a G₂ csoport (fél-interaktivitás) hallgatói legjobban a K₇₋₈ kérdéseken teljesítettek, ahol ők érték el a legnagyobb pontszámot. Mindez, arra enged következtetni, hogy van összefüggés az interaktivitás szintje (amellyel tanulmányozták az algoritmust) és az elsajátított tudás jellege közt.



7. ábra: Eredmények azinteraktivitás és kérdéstípus függvényében - BP

6.3. Teljesítmény vizsgálata nemek szerint

Mivel a leghatékonyabb módszer eltérő lehet nők és férfiak esetén úgy gondoltuk, hogy elemezzük az utóteszten elért pontszámokat a nemek szerint is. Amikor az összteljesítmény szerint hasonlítottuk össze az eredményeket, nem jutottunk lényegesen eltérő különbségekhez. Ezt követően megvizsgáltuk az eredményeket a különböző csoportok teljesítménye alapján is (8. ábra). Ennek elemzésére kétszemponos varianciaanalízist alkalmaztunk (ANOVA), ahol a két független változó az oktatási feltétel (nincs-, fél-, teljes-interaktivitás) és a nem (férfi, nő) volt, valamint függő változóként az utóteszten elért pontszám szolgált (a Levene-próba igazolta, hogy azonosak a varianciák: $p = 0.8 > 0.05$). Azt tapasztaltuk, hogy míg a férfiak jobban teljesítettek a nincs-interaktivitás módban, ez az eredmény a másik két esetben (fél- és teljes-interaktivitás) megfordult.

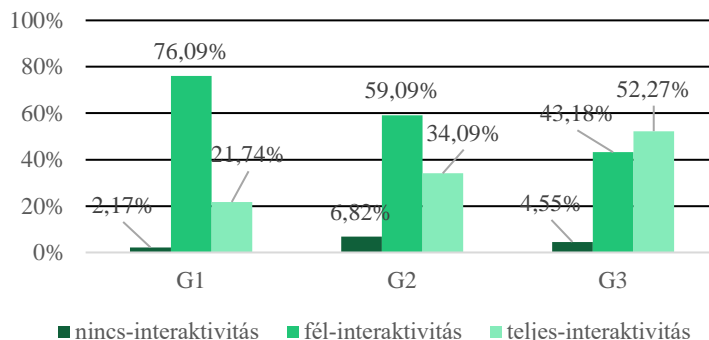


8. ábra: Eredmények nemek szerint

6.4. Legkedveltebb tanfolyamtípus

Az utóteszt befejezését követően minden hallgatónak válaszolnia kellett arra a kérdésre, hogy melyik tanfolyammal (interaktivitási szinttel) tanulna szívesebben, függetlenül attól, hogy melyik csoporthoz

tartozott. Amint az az ábrán is látható (9. ábra), a G₁ csoport hallgatóinak 76.09%-a szeretett volna egy szinttel magasabb (G₂) és 21.74% két szinttel magasabb (G₃) interaktivitást. Ehhez hasonlóan a G₂ csoport tagjainak 34.09%-a vágyott egy szinttel magasabb (G₃) és 59.09%-a meg volt elégedve a hozzájuk rendelt (G₂) interaktivitás szintjével, vagyis a fél-interaktivitással. A G₃ csoport esetén a diákok nagyrésze (52.27%) arra szavazott, hogy meg vannak elégedve ehhez a csoporthoz tartozó interaktivitással (teljes-interaktivitás).



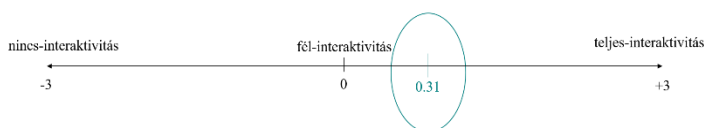
9. ábra: Diákok elégedettségi szintjének ábrája

Ahhoz, hogy egy kicsit részletesebben is szemügyre vegyük az eredményeket, a résztvevők válaszait a következőképpen kódoltuk (2. táblázat és 10. ábra):

- 0: azon résztvevők száma, akik meg voltak elégedve a számukra kijelölt tanfolyam típusával
- -1 vagy -2: azok száma, akik kevesebb interaktivitást szerettek volna (egy- vagy két szinttel kevesebbet)
- +1 vagy +2: azok száma, akik több interaktivitást szerettek volna (egy vagy két szinttel többet)

Előre meghatározott tanfolyam	-2	-1	0	+1	+2	Átlag
G ₁	-	-	1(G ₁)	35(G ₂)	10(G ₃)	1.19
G ₂	-	3(G ₁)	26(G ₂)	15(G ₃)	-	0.27
G ₃	2(G ₁)	19(G ₂)	23(G ₃)	-	-	-0.52
Összesített átlag						0.31

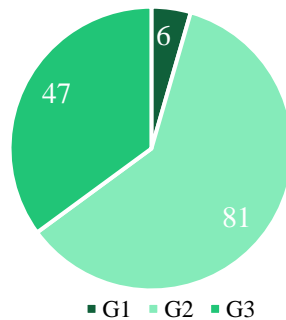
2. táblázat: Diákok elégedettségi szintje



10. ábra: Diákok meglegedési szintjének számtengelye

A válaszok kódolását és feldolgozását követően egy 0.31 átlagértékhez jutottunk. Ez a pozitív érték arra utal, hogy a felhasználók átlagosan a magasabb interaktivitási szintre szavaznak. Amint az az ábrán is látható, ez az érték a fél-interaktivitás módhoz áll a legközelebb (11. ábra). Ez tulajdonképpen egy biztató eredmény hiszen számos előzetes szakirodalmi kutatás foglal állásponot emellett az aktív tanulási forma mellett. Egy Byrne, Catrambone és Stasko ([4]) által végzett kutatásban a videó volt felhasználva, mint a tanulási fázis során alkalmazott eszköz. A videó bizonyos kulcsmomentumokban

megállt, és a diákoknak meg kellett válaszolniuk, hogy mi lesz a következő lépés. Hasonlóképpen, Grissom, McNally és Naps ([6]) is azt fogalmazta meg, hogy azon diákok érték el a legnagyobb fejlődést, akiknek kérdésekre kellett válaszolniuk az AV során.



11. ábra: Legkedveltebb tanfolyamtípus

Naps és munkatársai ([15]) említenek egy olyan jelenséget egyik kutatásukban, hogy bár az oktatók teljes mértékben hisznek abban, hogy a vizualizációk segíthetnek, ez a kijelentés nincs összhangban a kutatás eredményeivel. Érdekes módon, mi is egy hasonló következtetéshez jutottunk. A diákok több interaktivitásra vágnak, mégis az eredményeik nem mutatják azt, hogy ez jelentősen hozzájárul a tanulási eredményeik növekedéséhez.

7. Limitációk

A kutatás egyik limitáció az, hogy a felmérés csak egy algoritmusra alapszik: az AlgoRhythmic környezetben megtalálható Shell rendezés animációjára.

Egy másik limitáció lehet az, hogy a résztvevőket mi soroltuk három különböző csoportba. Egy következő lépés lehetne az, hogy ők választhassák ki szabadon, hogy melyik formáját szeretnék kipróbálni a szemléltetésnek.

Továbbá, az is elképzelhető, hogy az eredményeket befolyásolta az adott tanfolyam nehézsége és az, hogy hogyan kellett használni a platform nyújtotta funkciókat. Mint jövőbeni terv, bevezethetünk egy extra utótesztet, amely ezeket a befolyásoló tényezőket és ezek hatását mérné fel.

8. Következtetések

Kutatásunkkal szerettünk volna egy új betekintést nyújtani az AV-ra vonatkozó kutatási területbe és értékes útmutatásokat szerettünk volna megfogalmazni, melyek elősegíthetik az oktatásszervezést. A Naps ([15]) által meghatározott aktív tanulás formáira alapozva, jelen tanulmányba három interaktivitási szintet különböztettünk meg: megtekintés, válaszadás és levelezélys. Ezeket a módszereket az AlgoRhythmic online oktatási környezetbe is beépítettük, mely kapcsán a Shell rendezés bemutatását szolgáló animációkat vettük alapul. Az említett három tanulási formához három oktatási fogalmat társítottunk: nincs-interaktivitás (passzív megtekintés), fél-interaktivitás (interaktív jóslás) és teljes-interaktivitás (algoritmus „levelezélys”). Az egyik legfontosabb következtetésünk az, hogy általánosan kijelenthető optimális interaktivitási szint nem határozható meg.

Bár az eredmények alapján nem tudjuk kijelenteni az előzetes feltételezésünket (az AlgoRhythmic környezet Shell rendezésre vonatkozóan), miszerint az interaktivitás növekedésével a tanulási eredmény is növekedni fog, azt kijelenthetjük, hogy mindhárom interaktivitási szintnek megvannak az előnyei és hátrányai egyaránt. Ahogy azt Urquiza-Fuentes és Velázquez-Iturbide ([20]) is kijelentette, számos szakirodalmi cikk elemzése után az AV hatékonyságára vonatkozóan, az

ismeretszerzés fejlesztése az interaktivitás bármely szintjén elérhető, úgy mi is úgy gondoljuk, hogy ezek mindegyike egyaránt hozzájárulhat az algoritmus megértéséhez.

Bebizonyosodott, hogy a résztvevők függetlenül attól, hogy mennyi év előzetes programozási tapasztalatot tudhatnak maguk mögött, egyaránt érvényesülni tudtak a tanulási formáknak köszönhetően. Továbbá, kijelenthető az is, hogy az interaktivitás és az elsajátított tudás jellege között van összefüggés.

Mindenki megérdemli, hogy tanulhasson, és mivel nem vagyunk egyformák, a leghatékonyabb tanulási stílus eltérő lehet. Éppen ezért kijelenthetjük, hogy az online oktatási környezeteknek tartalmazniuk kell az aktív tanulás minden formáját, és lehetőséget kell biztosítani arra, hogy az AV-t különböző interaktivitási szintekkel lehessen tanulmányozni. Ha mindezt lehetővé teszik, minden felhasználó meg tudja találni a számára leghatékonyabb tanulási stílust, és ez minden bizonnyal az eredmények javításához vezet majd.

Irodalom

- [1] Adesope, O. O., & Nesbit, J. C. (2012). Verbal redundancy in multimedia learning environments: A meta-analysis. *Journal of Educational Psychology*, 104(1), 250.
- [2] Berney, S., & Bétrancourt, M. (2016). Does animation enhance learning? A meta-analysis. *Computers & Education*, 101, 150-167.
- [3] Boucheix, J. M., & Guignard, H. (2005). What animated illustrations conditions can improve technical document comprehension in young students? Format, signaling and control of the presentation. *European Journal of Psychology of Education*, 20(4), 369-388.
- [4] Byrne, M. D., Catrambone, R., & Stasko, J. T. (1999). Evaluating animations as student aids in learning computer algorithms. *Computers & education*, 33(4), 253-278
- [5] Denning, P. J. (2017). Remaining trouble spots with computational thinking. *Communications of the ACM*, 60(6), 33-39.
- [6] Grissom, S., McNally, M. F., & Naps, T. (2003, June). Algorithm visualization in CS education: comparing levels of student engagement. In *Proceedings of the 2003 ACM symposium on Software visualization* (pp. 87-94).
- [7] <https://algorhythmics.ms.sapientia.ro/>
- [8] <https://www.bebbras.org/>
- [9] Hundhausen, C. D., Douglas, S. A., & Stasko, J. T. (2002). A metastudy of algorithm visualization effectiveness. *Journal of Visual Languages & Computing*, 13(3), 259-290.
- [10] Jarc, D. J., Feldman, M. B., & Heller, R. S. (2000). Assessing the benefits of interactive prediction using web-based algorithm animation courseware. *ACM SIGCSE Bulletin*, 32(1), 377-381.
- [11] Karavirta, V., & Shaffer, C. A. (2015). Creating engaging online learning material with the JSAV javascript algorithm visualization library. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 9(2), 171- 183.
- [12] Krathwohl, D. R. (2002). A revision of Bloom's taxonomy: An overview. *Theory into practice*, 41(4), 212-218.
- [13] Mayer, R. E., & Chandler, P. (2001). When learning is just a click away: Does simple user interaction foster deeper understanding of multimedia messages?. *Journal of educational psychology*, 93(2), 390.
- [14] Myller, N., Laakso, M., & Korhonen, A. (2007, June). Analyzing engagement taxonomy in collaborative algorithm visualization. In *Proceedings of the 12th annual SIGCSE conference on Innovation and technology in computer science education* (pp. 251-255).

- [15] Naps, T. L., Rößling, G., Almstrum, V., Dann, W., Fleischer, R., Hundhausen, C., ... & Velázquez-Iturbide, J. Á. (2002). Exploring the role of visualization and engagement in computer science education. In Working group reports from ITiCSE on Innovation and technology in computer science education (pp. 131-152).
- [16] Plass, J. L., Homer, B. D., & Hayward, E. O. (2009). Design factors for educationally effective animations and simulations. *Journal of Computing in Higher Education*, 21(1), 31-61
- [17] Schwan, S., & Riempp, R. (2004). The cognitive benefits of interactive videos: learning to tie nautical knots. *Learning and instruction*, 14(3), 293-305.
- [18] 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 (TOCE)*, 10(3), 1-22.
- [19] Turing, A. M. (2009). Computing machinery and intelligence. In *Parsing the Turing Test* (pp. 23-65). Springer, Dordrecht
- [20] Urquiza-Fuentes, J., & Velázquez-Iturbide, J. Á. (2009). A survey of successful evaluations of program visualization and algorithm animation systems. *ACM Transactions on Computing Education (TOCE)*, 9(2), 1-21.
- [21] Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35.