



ROBOTOK ALKALMAZÁSÁNAK LEGÚJABB EREDMÉNYEI AZ ÁLTALÁNOS ISKOLÁBAN – NEMZETKÖZI KITEKINTÉS

Aknai Dóra Orsolya

IKT MasterMinds Kutatócsoport
doraorsolya@gmail.com

Fehér Péter

IKT MasterMinds Kutatócsoport
feherp1@t-online.hu

Absztrakt

A robotok oktatási célú használatának gondolata sokéves múltra tekinthet vissza. Seymour Papert korai próbálkozásai (LOGO programozási nyelv kifejlesztése az 1960 évek végén, majd ezt követően a Teknőc padlórobot létrehozása) után az oktatási célú robotok használata a 2000-es évektől egyre szélesebb körben terjedt el az angolszász országokban. A 2010-es évektől kezdve a magyar iskolákban is megjelentek (jóllehet a Digitális Oktatási Stratégia 2016-os célkitűzéseinek megvalósítása még várta magára). Mivel a robotika oktatási-pedagógiai kontextusba történő bevezetésével kapcsolatban meglehetősen kevés hazai szakirodalom áll rendelkezésre (könyvekből például Aknai & Fehér, 2019; Lénárd et al., 2018; Lénárd & Sarbó, 2018), ezért kutatásunkban a nemzetközi szakirodalom alapján kívánjuk feltárni azokat a legújabb eredményeket és trendeket, amelyek megismerése fontos tudásanyagot szolgáltat a hazai kutatók és gyakorló pedagógusok számára egyaránt. A szakirodalom áttekintése során különös hangsúlyt fektetünk a speciális nevelési igényű tanulók körében folytatott kutatásokra, mivel az SNI-, BTMN-es vagy kiemelten tehetséges gyermekek esetében a differenciált fejlesztés támogatására is alkalmasak a különböző tudással rendelkező robotok. Kitérünk továbbá az oktatási robotika értékelési lehetőségeire és a bevezetéssel kapcsolatos nehézségekre és kihívásokra.

Kulcsszavak: oktatási robotika, nemzetközi kitekintés, padlórobotok, számítógépes gondolkodás

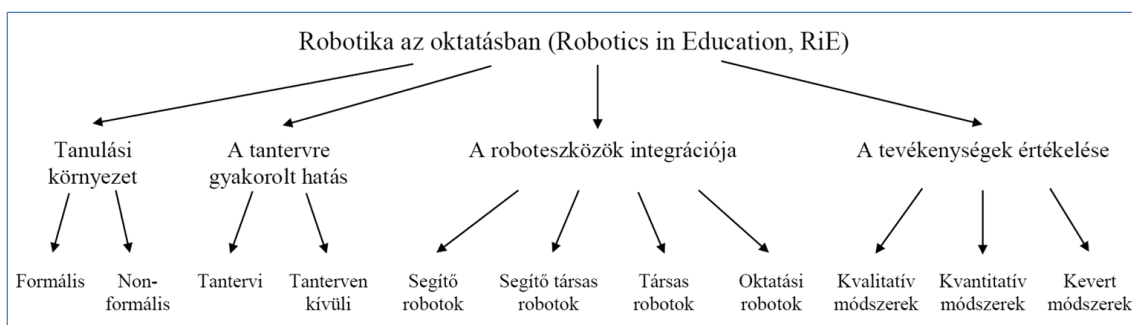
Bevezetés

Az elmúlt években a kódolás és a STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics, vagyis természettudomány, technológia, mérnöki tudomány és matematika) megerősödésével az oktatási robotika is az IKT oktatásbeli alkalmazásának egyik fontos részterületévé fejlődött, ezáltal alkalmazása túlnő a számítástechnika termék falain.

Bár Papert 1960-as években kezdett munkássága már korábban felhívta a figyelmet arra (Papert, 1980; Resnick, 1991), hogy a robotikai tevékenységekben komoly potenciál rejlik a tanítás hatásfokának javítására, de hosszú ideig tartott, amíg megkezdődhetett ennek kiaknázása. Az elmúlt évtized óriási előrelépést hozott ezen a területen, ezért is időszerű a nemzetközi kutatások és trendek áttekintése és közreadása. Dolgozatunkban erre teszünk kísérletet a legfontosabbnak ítélt témakörök bemutatásával. Gyakorlati szempontból szükségesnek látszik a jelenleg rendelkezésre álló robotikai eszközök rendszerezése is, amire szintén találunk példát a szakirodalomban (Fehér, 2022; Karim et al., 2015; Scaradozzi et al., 2019). Ez segítségül szolgálhat a pedagógusoknak és a döntéshozóknak egyaránt abban, hogy olyan robotok kerüljenek az iskolákba, amelyekkel a kívánt pedagógiai fejlesztés megvalósítható (lásd 1–2. Melléklet).

Az oktatási robotika fogalma és megközelítési módjai

Először az oktatási robotika lehetséges definícióját vázoljuk fel, mivel még ebben sincs teljes egyetértés a témakör szakértői körében. Angel-Fernandez és Vincze szerint „*az oktatási robotika az a terület, amelynek célja a diákok tanulási élményének növelése olyan tevékenységek, technológiák és tárgyak (artifacts) létrehozása és implementálása során, amiben a robotok aktív szerepet kapnak*” (Angel-Fernandez & Vincze, 2018, p. 41). Más szerzők (például Scaradozzi et al., 2019) ellenben szükségesnek tartják az oktatási robotika és a robotok használata az oktatásban elnevezések közötti különbségek hangsúlyozását, és az oktatási robotikát a robotok iskolai használatának mintegy részhalmozaként vagy aleseteként említik. Az általuk javasolt felosztás látható a következő ábrán (1. ábra).



2. ábra

Robotika az oktatásban – (Scaradozzi et al., 2018) felosztása szerint (ford. a Szerzők)

Tanulmányukban egy tágabb megközelítést vázoltak fel, ugyanakkor például kizárják a segítő és társas robotokat az oktatásban használatos robotok köréből.

A szakirodalom vizsgálata során három megközelítést találunk a robotok oktatási alkalmazása kapcsán (Gaudiello & Zibetti, 2016): a robotika tanulása (learning robotics), a tanulás robotok segítségével (learning with robotics) és a tanulás a robotok használata által (learning by robotics).

Ezek közül a robotika tanulásának értelmezése egyértelműnek tekinthető. Ez a különböző roboteszközök működésének, működtetésének (beleértve a programozásának), továbbá ezek megtervezésének, létrehozásának és alkalmazásának tanulmányozását foglalja magába az élet legkülönbözőbb területein. Ez alapján kijelenthetjük, hogy a robotika tanulása a szakképzésben és a felsőoktatásban történik, a különböző szakterületeknek megfelelő formában. Ennek során a tanulók elsajátítják a robotika használatához szükséges hardver- és szoftverismereteket egyaránt.

A robotokkal való tanulás esetében az eszközök a tanár vagy a diák segítőjeként jelennek meg, és általában a tartalom megjelenítésében, a tanulók motivációjának felkeltésében és fenntartásában, az egyes szociális kompetenciák fejlesztésében játszanak elsődleges szerepet.

A harmadik megközelítésben a robotok használata által történő tanulás a STEM-hez és az ehhez kapcsolódó magasabb szintű gondolkodási műveletek, a problémamegoldó gondolkodás fejlesztéséhez kapcsolódik, a robotok alkalmazásának különböző tantárgyakba történő integrálása révén (például LEGO Mindstorm EV3, Micro:bit alapú robotok és mások).

Az általános iskolai oktatásban a második, és különösen a harmadik megközelítés látszik használhatónak, mivel ezen a szinten alapvető feladat a tanulók gondolkodásának, különböző kompetenciáinak széles körű fejlesztése.

A robotok alkalmazása az oktatás kezdő szakaszában

Mivel az iskolai oktatás nem teljesen azonos életkorban kezdődik a különböző országokban (DEPP, 2020), ezért már a kisgyermekes esetében előfordulhat, hogy egyesek korábban (már az óvodában) találkoznak robotikai eszközökkel, „robotjátékokkal”. Ezért a következő részben külön tárgyaljuk az

iskolát megelőző (hazánkban óvodainak nevezett) szakaszt, amely nagyjából a gyermekek 6 éves koráig tart.

A robotok iskolai felhasználása a 90-es évek vége felé kezdett kutatási témaként felmerülni, és rövid idő alatt számos szakember érdeklődését felkeltette világszerte. Közéjük tartozik Marina Umashi Bers professzor, aki napjainkra már a kisgyermekkorú robotika egyik legjelentősebb képviselője a világon. Bers és munkatársai (2002) már húsz évvel ezelőtt azt vizsgálták, hogy vajon a robotika hatékony eszközként használható-e az óvodás korosztálynál a számítógépes gondolkodás fejlesztésére. Azóta több kötete jelent meg a témakörben, amelyek sajnos magyar nyelven nem érhetők el (Bers, 2008, 2018). Kutatásainak legfontosabb kérdései: Miként sajátítható el a kódolás mint egy új nyelv a gyermek számára? Milyen roboteszközökkel valósítható meg a számítógépes gondolkodás fejlesztése? Hogyan fejleszti a kisgyermek kollaborációs készségeit a közös számítógépes munka (kódolás, robotok használata)? Hogyan járul hozzá a kódolás az egyéni képességek kibontakoztatásához? Bers szerint a kódolás felfogható úgy, mint egy „digitális játszótér” az egyéni és a szociális fejlődés támogatására. A kódolás során a diákok nem csupán a számítógépek programozását tanulják meg, hanem a problémák megoldásának képessége és az önkifejezés is fejlődik ezen tevékenységek során.

Napjainkra egyre több olyan kutatást találunk, amely az óvodai alkalmazásokkal foglalkozik (legújabbban például Heljakka et al., 2019; Terroba et al., 2022), és az óvodások számára tervezett robotikai eszközök is nagyobb számban állnak rendelkezésre. Az óvodás korosztálynál az elsődleges cél a játékos képességfejlesztés a kognitív, kommunikációs, szociális, motoros, orientációs és kreatív képességek területén. Urlings és munkatársai (2019) úgy vizsgálták a robotika alkalmazásában rejlő lehetőségeket az óvodás korosztály fejlesztésében, mint a gyermekek feladatvégrehajtási készségeinek mérési eszközét. A kísérletben 65 óvodás kapott feladatot, hogy egy játékos, programozható robottal, a Bee-Bottal menjenek át egy labirintuson, és mérték az óvodások problémamegoldó gondolkodását, memóriáját, a térlátást és a figyelemkoncentrációt. A kutatással azt igazolták, hogy a játékos robotikai feladatmegoldás hatékonyan alkalmazható az óvodáskorú gyermekek különböző képességeinek felmérése terén. Schiffer és Ferrein (2018) egy humanoid segítő robot, Pepper segítségével vizsgálták óvodásoknál a robot-ember interakció intenzitását, míg Tolksdorf és munkatársai (2021) etikai szempontból elemezték a robotok óvodai környezetben való alkalmazását. Az iskolások számára egyre bővülő robotpaletta áll rendelkezésre, és a különböző gyártók szinte minden esetben a szükséges módszertani anyagokat, tankönyveket, munkafüzeteket is biztosítják.

Mazzoni és munkatársai (2021) tanulmányukban egy Ozobottal végzett kreatív gondolkodást feltérképező projektről számoltak be. A kutatás fő célja az volt, hogy elemezzék, az Ozobottal való tevékenység milyen hatást gyakorol a kreatív gondolkodás fejlődésére? A vizsgálatban 171, 9–10 éves kor közötti gyermek (85 lány, 86 fiú) vett részt, két közép-észak-olaszországi általános iskolában. A gyermekeket véletlenszerűen sorolták három csoportba: egyéni munka, páros munka, valamint a kontrollcsoport, ahol az iskolások robot nélkül oldották meg ugyanazokat a feladatokat. A gyermekeknek egy labirintusban adott parancsokkal kellett színek alapján végigvezetni a robotot. Minden gyermeket egyénileg vizsgáltak egy elő- és egy utómérés során, és minden eljárás osztályonként fél napot vett igénybe. Elemzésük szerint minden csoport szignifikáns javulást mutatott. Legnagyobb mértékű javulást az egyedül dolgozó gyermekek mutattak, míg a legalacsonyabbat a kontrollcsoportban lévők, a párban dolgozó gyermekek csoportja pedig köztes javulást mutatott a másik kettőhöz képest. Az egyedül dolgozók csoportja szignifikánsan nagyobb javulást mutatott, mint a kontrollcsoport tagjai, míg a másik két csoport között nem volt különbség. Az egyedül dolgozó gyermekek jó eredményére magyarázat lehet az, hogy – a kutatók véleménye szerint – mivel a feladatot egyedül végezték, minden szükséges utasítást, feladatot nekik kellett megtenniük: a megoldás (útvonal) kigondolása, a helyes kódok megtalálása, a labirintus üres helyeinek kiszínezése, a megoldás helyességének ellenőrzése. Ezzel szemben azok a gyermekek, akik párban végezték a feladatot, gyakran elrontották a szükséges tennivalókat.

Zacek és Smolka (2019) szintén az Ozobot alkalmazhatóságát vizsgálták a számítógépes gondolkodás fejlesztése terén. A számítógépes gondolkodás ebben a kontextusban egyenlő az analitikus, a logikus, és az algoritmikus gondolkodás hármásával. Beszámolójukban kiemelték az eszköz sokoldalúságát és motivációs erejét. Véleményük szerint a számítógépes gondolkodás beépítése az oktatásba minden bizonnyal értékes aspektusa az oktatásnak, a tantárgyközi kapcsolatok keretein belül is. Német és osztrák kutatók vizsgálata szintén azt állapította meg (Körber et al., 2021), hogy az Ozobot alkalmazhatónak tűnik, és az OzoBlockly környezet alkalmazásával utat kínál a szövegalapú programozás (Javascript) tanulása felé.

Számos további publikációt találtunk, amelyek szerint a kezdő szakaszban a padlórobotok nevelésbe, oktatásba történő bevezetésének fejlesztő hatása van (például Fojtik, 2017; Marmé et al., 2019; Pérez et al., 2019). A fentiek alapján megállapítható, ez a terület az, amelyen a legszélesebb körű empirikus vizsgálatokat végezték, és a legmeggyőzőbb eredményekkel bír az oktatási robotika hasznosságáról. Egyetérthetünk a következő megállapítással, amely szerint „*a korszerű oktatásméleteken alapuló, jól-megtervezett és megfelelően kivitelezett tanulási aktivitások használatával az oktatási robotika praktikus oktatási eszköz az óvodai és az alsó tagozatban való használat esetén*” (Chaldi & Mantzanidou, 2021, p. 78).

Kódolás és a számítógépes gondolkodás alkalmazása robotikai eszközök használatával

9-10 éves kor után olyan roboteszközök használata kerül előtérbe, amelyek meghaladják a padlórobotok szűkös képességeit, és lehetőséget biztosítanak a tanulók számára a blokkalapú (Scratch, Blockly, MakeCode stb.), illetve a szöveges kódolás és programozás (Javascript, Python korlátozott vagy éppen teljes verziói) elsajátítására (az ezek alkalmazásához ajánlott robotokat lásd az 1. Mellékletben). Ezen eszközök alkalmazásának egyik célja a diákok motivációjának felkeltése (vagy növelése) az egyébként nem feltétlenül vonzó számító területen (ide sorolható az utóbbi idők legjelentősebb lépésének számító BBC Micro:bit megjelenése).

Egy kis kitérőt téve meg kell említenünk, hogy a kódolás tanításának gondolata korántsem új az IKT oktatása során. Az 1980-as évek elején – ami az első magyar iskola-számítógépesítési program időszaka (Czékman & Fehér, 2017) – a számítástechnika egyet jelentett a programozással. Az évtized végére, a PC-korszak beköszöntével ez lassan megváltozott, és a hangsúly a multimédiára és az internetre, illetve az alkalmazói programok megtanulására helyeződött át. Ennek negatív hatásai a 2010-es évek környékén kezdtek érezhetővé válni világszerte. A diákok nem tettek szert a szükséges tudásra a számítógépek működésével kapcsolatban, nem tudtak programokat készíteni, ebből kifolyólag egyre kevesebben érdeklődtek a felsőoktatás informatikával kapcsolatos helyei iránt. Ez egybeesett azzal a tendenciával, amikor az informatikusok, a magas szintű informatikai háttérrel/tudással rendelkező dolgozók iránti kereslet jelentősen növekedni kezdett. Vélhetően ennek következményeként 2014-15 körül a kódolás kezdett újra megjelenni az európai országok tanterveiben, a STEM hangsúlyosabbá válásával egyidejűleg.

Wing már 2006-ban kidolgozta és leírta a számítógépes gondolkodás (computational thinking) fogalmának elméleti alapjait, amely gyorsan elismert és sok kutatást indukáló területté nőtte ki magát (a témakör áttekintését magyarul lásd Aknai & Fehér, 2018). „Tanítható-e a számítógépes gondolkodás gyakorlata a robotika órákon?” – tették fel a kérdést az amerikai szerzők azonos című tanulmányukban (Shoop et al., 2016), és kutatási projektjük eredményeképp pozitív választ adtak a kérdésre. Mivel a számítógépes gondolkodás alapvető elemei a gyakorlati problémák formalizálása, azok megoldása és a megoldások elemzése, ezért indukálja azt, hogy az oktatási robotika kiváló terepet biztosít a számítógépes gondolkodás elméleti konstrukciójának empirikus vizsgálatához. Számos kutatás zajlott és zajlik ezen a területen, amelyek alkalmasak arra, hogy az oktatási robotika létjogosultságát igazolják (például Catlin & Wollard, 2014; Chalmers, 2018; Sullivan et al., 2017). A kutatási terület által vizsgált legfontosabb kérdések közé tartoznak a következők: (1) a nemek közötti különbségek feltárása és vizsgálata; (2) a kvantitatív értékelés formái és lehetőségei; (3) a pedagógusok hatékony felkészítése

a robotika alkalmazására a számítógépes gondolkodás fejlesztése során. A témakör részletesebb kifejtését készülő tanulmányunkban kívánjuk publikálni.

Robotok alkalmazása az SNI-tanulók fejlesztésében

Jelenleg Magyarországon nincs olyan tanterv, amely a sajátos nevelési igényű gyermekek oktatási robotikával való fejlesztésével foglalkozna, és igen kevés az olyan digitális vagy roboteszköz, amely a pedagógusok rendelkezésére állna. Ezért nagy szükség lenne olyan kutatásokra az oktatástechnológia területén, amelyek az SNI-gyermekek digitális eszközökkel való fejlesztésével foglalkoznak, és amelyek megalapoznák egy átfogó és részletes SNI-digitáliskultúra-tanterv megalkotását. A sajátos nevelési igényű oktatásban részesülő iskolások száma nemcsak a tanulási nehézségek gyakoriságának növekedését tükrözi, hanem annak szükségességét is, hogy a korai beavatkozást elérhetővé tegyék azok számára, akiknek erre szükségük van. Az oktatás korai szakaszában történő beavatkozás megerősítheti a gyermek tanulási képességét azáltal, hogy személyre szabott oktatást biztosítanak neki, amelyet kifejezetten az egyes gyermekek igényeinek megfelelően alakítottak ki.

A programozható robotok segítségével a robotika jelentősen hozzájárulhat az SNI-gyermekek oktatásának minőségi javításához. Az ilyen jellegű technológiák biztosítják a pedagógusok számára, hogy már az oktatás korai szakaszában felismerjék a gyermekek egyéni szükségleteit, és kompenzálják a diagnosztizált fogyatékoságokat. A robotika a speciális szükségletű gyermekek számára is lehetővé tenné, hogy sikerélményeket szerezzenek azoknak a technikai készségeknek a megtanulásában, amelyek technológiaorientált társadalmunkban központi szerepet játszanak.

A terület aktuális kutatási kérdései a következők: Mit taníthat a robotika a különböző korú és különböző szükségletekkel rendelkező gyermekeknek? Hogyan kellene a robotikai eszközökkel fejleszteni ahhoz, hogy az megfeleljen a gyermekek igényeinek? Melyek azok az elemek, amelyek kritikusak lehetnek a speciális igényű gyermekek fejlesztésében? Hogyan tudja kompenzálni a robotika a tanulást a különböző fogyatékosági területeken? Hogyan tudná javítani a robotika a speciális igényű gyermekek oktatását?

A „robotika” kifejezés nemzetközi szinten számos kutatási területet foglal magába az SNI-diákokkal való fejlesztés során. A *social robotics* (szociális robotok) kifejezés, olyan robotok összefoglaló neve, amelyek a beszéd, a gesztusok vagy más kommunikációs eszközök által szociális interakcióba lépnek a felhasználókkal (Fong et al., 2003). Az *assistive robotics* (segítő robotok) olyan robotokat jelent, amelyek segítenek a testi és idegrendszeri fogyatékosággal élő embereknek (Miller, 1998). E kettő találkozásából fejlődött ki a *socially assistive robotics* (szociálissegítő-robotok). Ezeket a robotokat úgy tervezték, hogy beszéd útján segítsék elő például az oktatást, a napi rutint, vagy az érzelmek kifejezését (Feil-Seifer & Mataric, 2005).

A szakirodalom áttekintése azt mutatja, hogy az oktatási robotikát az oktatás egyre több színterén vezetik be, többek között a speciális igényű gyermekek fejlesztésében is. Benitti (2012) áttekintésében a robotika iskolákban való felhasználását vizsgálta. Ez alapján azt javasolta, hogy az oktatási robotika olyan elemként működjön közre, amely elősegíti a tanulást, és eszközként szolgálhat a tanulói tudás felépítéséhez. A robotasszisztensek például a motiválhatatlan diákokat arra ösztönözhetik, hogy vegyenek részt a fejlesztésben. A robot partnerré válhat a tanulás folyamatában, hiszen arra készíti a gyermeket, hogy aktívan, cselekvésbe ágyazottan vegyen részt a tanulásban. A tudás felépítésében a robotok aktív szerepet kaphatnak, hiszen segítő partnerként működnek közre egy-egy problémás területen. A 21. század kezdete óta számos kutatást végeztek, hogy jobban megértsék az oktatási robotok szerepét, közreműködését, használatát a társas kapcsolatok és a kommunikáció elősegítésében. Ezen írárok foglalkoztak az autizmus-spektrumzavarral élő gyermekek és kamaszok körében az oktatási robotika alkalmazásának sikerességével a kommunikáció javításának előmozdításában (Palestra & Bortone, 2016; Palestra et al., 2017). A szerzők elsők között ismerték fel a szociális robotok összefüggésében az autizmus robotterápiájának fontosságát. Céljuk az volt, hogy kifejlesszenek egy olyan robotot, amely segít az egyéni szükségletek ellátásában (intimitás, határok, megfelelő kommunikáció, megértés, figyelem).

Alabdulkareem és munkatársai (2022) legfrissebb tanulmányukban a 2010–2019 között közzétett projektekből 38 olyan tanulmányt tekintett át, amelyek a robotokkal támogatott autizmusterápiáról (RAAT) szóltak. Célul azt tűzték ki, hogy megértsék az autista gyermekek ilyen típusú terápiájának kutatási trendjeit, és hogy betekintést nyújtsanak a szakemberek és a kutatók számára a terület lehetséges jövőbeli irányairól. Az eredményeik szerint a robotasszisztált autizmusterápiáról szóló tanulmányok száma növekedett, ami mutatja az alkalmazás iránti kíváncsiságot. A tanulmányokból leszűrhető volt az is, hogy nagyobb figyelmet kell fordítani a technológiával kapcsolatos etikai kérdésekre, valamint további kutatásokra van szükség a robotika használatáról az érzékszervi fejlesztés terápiájának javítására. Javasolják, hogy a további kutatások terjedjenek ki a szemkontaktusra, az önszabályozó folyamatokra, interakciókra. Ebből következik, hogy a szakemberek, a terapeuták és a kutatók együttes közreműködésére van szükség egy megfelelő robot kifejlesztéséhez és használatához. Megállapították továbbá, hogy a robotasszisztált autizmusterápia a szociális robotok ígéretes alkalmazási területe, különösen a gyermekek terápiás és oktatási céljainak támogatása érdekében (szociális és érzelmi fejlődés, kommunikáció és interakció fejlesztése, kognitív, motoros, és érzékszervi fejlesztés területein).

Syriopoulou-Delli és Gkiolnta (2021) tanulmányukban 12 olyan cikket elemeztek, amelyek a fogyatékossgal élő gyermekek és serdülők szociális, kognitív és funkcionális készségeinek területeit vizsgálták, különös figyelemmel a robotika eszközein keresztül történő fejlesztésükre. Elemzésük azt mutatja, hogy a robotokkal végzett fejlesztésekben részt vevő fogyatékkal élő gyermekek és fiatalok többségénél ezek a területek pozitív irányba fejlődtek. Áttekintésük meggyőzően alátámasztja a robotika bevezetésének szükségességét a fogyatékossgal élő gyermekek fejlesztésébe.

A hallássérült gyermekek diagnosztizálásában számos vizsgálatot alkalmaznak a hallásszint megállapítására, a hallókészülékek és a cochlearis implantátumok ennek megfelelő beállítására. Ezek a vizsgálatok a gyermekek számára általában stresszel járó események, és ekkor jelentősen csökken a tesztek megbízhatósága, illetve a gyermekek együttműködése. Uluer és munkatársai (Uluer et al., 2021) tanulmányukban bemutatnak egy, a hallássérült gyermekek klinikai környezetben végzett hallásvizsgálatát támogató kisegítő robotrendszert, a RoboRehabot. A rendszerben egy Pepper nevű szociálissegítő-robotot használnak, amelyet érzelmefelismeréssel és egy táblagépes felülettel láttak el, hogy a gyermekeknek megkönnyítsék a vizsgálatokat. Hagyományos, gépi tanulási technikákat és mély tanulási megközelítéseket alkalmaztak a gyermekek, E4 fiziológiai csuklópánt alkalmazásával gyűjtött, érzelmi adatainak elemzésére és osztályozására azzal a céllal, hogy felismerjék a gyermekek érzelmeit vagy stressz-szintjét, és ennek megfelelően személyre szabják/jigazítsák a robot visszacsatolási mechanizmusát. A vizsgálatokban és tesztekben 16 hallássérült gyermek vett részt (cochlearis implantátum vagy hallókészülék használatával). A robottal végzett auditív tesztek után a gyermekek arról számoltak be, hogy a robot nagyon vicces és okos volt, izgatottan várták a robotot, és szívesen játszottak vele. A vizsgáló audiológusok szerint a gyermekek motiváltak voltak, szívesebben tevékenykedtek a digitális beállításokban, mint a hagyományosban. Biztató jel, hogy az affektív robotok használhatók az audiometriás tesztek részeként.

Végül mindenképpen említést érdemel az Európai Bizottság Lifelong Learning Programjának finanszírozásával létrejött, 2014 és 2016 között megvalósított EDUROB (Oktatási robotika tanulási zavarokkal élő embereknek) kutatási projekt (EDUROB, 2016), amelynek célja annak bemutatása volt, hogy a robotok segítségével végzett közvetett tanulás előmozdítja a kognitív képességek fejlődését. A program magában foglalta a tanulók kognitív folyamatainak fejlesztését, miközben más fejlesztési területekkel és szociális készségekkel is foglalkozott, kihasználva a robotika nyújtotta előnyöket. Az EDUROB-projekt céljai között szerepelt még a pedagógiai keretek kidolgozása; a tantervi elemek, oktatási-módszertani környezet, ötletek létrehozása; a konkrét (tanórai és azon kívüli) alkalmazásokkal kapcsolatos esettanulmányok és azok elemzésének elkészítése, a közreműködő felekkel együttműködve. A projektben hat ország vett részt: Bulgária, Olaszország, Litvánia, (Törökország kilépett a projektből), Lengyelország és az Egyesült Királyság.

A tanulók értékelésének lehetőségei az oktatási robotika alkalmazása során

Bármely új technológiai eszköz alkalmazása esetén fontos szempont a használat eredményességének „bizonyítása”, nemcsak a szakemberek, hanem a döntéshozók felé is. Különösen így van ez a jelentős költségeket implicáló oktatási robotikai eszközök területén. Mivel az oktatási robotika alkalmazása során a tanulók tevékenységének eredményei nem csupán egy-két megcélzott kompetencia fejlesztését eredményez(het)ik, így az értékelés során számos lehetőség kínálkozik ennek vizsgálatára.

A tanulói tevékenység értékelése során legalább két esetet kell megkülönböztetnünk. Amennyiben a robotika tanórai alkalmazása által előidézett fejlesztő hatást szeretnénk értékelni egy adott kompetenciaterületen (például számolási készségek), könnyebb dolgunk van. Ez esetben a szummatív értékelés során a fejlesztés jellegétől függően alkalmazhatók a szokásos mérőeszközök, hiszen a hangsúly nem a robotikai tevékenységen van. Számos ilyen példa található a különböző tantárgyakban alkalmazott oktatási robotika jótékony hatásairól.

A második esetben, amikor a cél ennél puhábban megfogalmazott, és túlmegy a tantárgyi anyag elsajátításán, jóval nehezebb és összetettebb dolgunk van. Ebben az esetben a formatív értékelés módszerei érdemlik a legnagyobb figyelmet, hiszen általában komplex kompetenciafejlesztés a pedagógusok célja. A robotokkal való tevékenység során a tanulók folyamatos interakcióba kerülnek a robotokkal, amelyek irányítására az esetek döntő többségében egyértelmű parancsok szolgálnak, és a visszajelzés azonnali: a robot helyesen végrehajtja a tanulók által adott utasításokat – vagy az elért eredmény nem felel meg a célnak. Ez utóbbi esetben az eredeti megoldási kísérlet módosítása szükséges, de fontos megjegyezni, hogy ez nem lehet véletlenszerű kísérletezés, mindenképpen arra kell szoktatni a diákokat, hogy a megoldási kísérletek is tervszerűek legyenek, valamilyen megoldási stratégiát kövessenek. Kezdetben több, a tudás növekedésével egyre kevesebb „vakpróbálkozás” lenne kívánatos a diákok részéről. A tanulói tevékenység értékelése ebben az esetben a megszokottól eltérő megközelítéseket igényel, a pedagógus a projektmunka vagy a kollaboratív tanulás eszköztárából meríthet. Ilyenek lehetnek például az önértékelés, a párártékelés, a gamifikáció és mások (Catlin, 2014; Nascimento et. al., 2021).

A kutatási eredmények értékelése során is szükség lenne kidolgozott mérőeszközökre, jelenleg azonban egységes mérőeszköz nem létezik. Jäggle és munkatársai (2021) tanulmányukban egy olyan kevert módszerű értékelési eszköz fejlesztését mutatják be, amely az általuk C4STEM-nek nevezett STEM-faktorok analizálására alkalmas. Ezek a következők: (1) a tanulók önbizalmának mérése a gyakorlati, kétkezi tevékenységek elvégzése során; (2) a tanulók és a tanárok közötti jó kapcsolat mérése (amely erősítheti és sikeresebbé teheti a feladatok megoldását); és az utolsó faktor (3) a tanulók aktivizálása és részvétele az iskolán kívüli rendezvényeken, a STEM tevékenységek iránti érdeklődés növelése érdekében. A tanulmány közli az egyes területek értékelésére szolgáló kérdőíveket is, amelyek más, hasonló szituációkban is használhatók lehetnek (Jäggle et al., 2021).

A röviden bemutatott példák csupán azt kívánták illusztrálni, hogy az oktatási robotika alkalmazása során számos kiaknázatlan lehetőség van a tanulók értékelése során, amelyek kidolgozása még várat magára, ám ezek szerepe meghatározó lehet a robotok implementációja során, részben a tanulók motivációja révén, másrészt a tanulók egyes speciális képességének fejlesztése által (koncentráció, pontosság, önértékelés stb.).

Tehetséggondozás és robotversenyek

Az oktatási robotika összetettségének és nyitottságának köszönhetően tág teret biztosít a tanórákon túlmenő, egyéni és csoportos tanulói tevékenységek megvalósítására, ezáltal a tehetséges diákok képességeinek széles körű fejlesztésére. Ennek lehetséges formái közé sorolhatjuk a különféle tanórák kívüli robotikaszakköröket, az Európai Unió (vagy más európai szervezetek) által támogatott Digital Code-Week, Meet-and-Code (hazánkban a Digitális Témahét) rendezvényeket, illetve a nagy népszerűségnek örvendő robotikaversenyeket. Ezek közül említésre méltó a LEGO-robotok köré épülő FLL (First-LEGO-League) és a WRO (World Robotics Olympiad). Az előbbi versenyen 9–16, az

utóbbin 8–19 év közötti diákokból álló csapatok versenyezhetnek (természetesen az említetteken kívül még számos más verseny létezik, különösen Ázsia fejlettebb régióiban, ezek azonban számunkra most kevésbé relevánsnak tekinthetők).

Az FLL-versenyekre való felkészülés és az azokon való részvétel hatásait több tanulmány is elemzi (Chalmers, 2013; Chen, 2018; IET, 2019, Zuhrie et. al., 2020). Az IET 2019-es, tanári interjúkon és a részt vevő diákok által kitöltött kérdőíveken alapuló kvalitatív kutatási összefoglalója (IET, 2019) többek között a következő (hosszabb távú) hatásokat emeli ki:

- Fejleszti a résztvevők technikai és programozással kapcsolatos attitűdjét és kompetenciáit, hiszen a „semmitől kiindulva”, nulláról kell megtervezniük és létrehozniuk azt a robotot, amely a versenyfeladatot eredményesen végrehajtja.
- A robotikaversenyzés nem csupán a technika használatához fűződő kompetenciákat fejleszti, hanem az olyan *soft-skilleket* is, mint például a reziliencia, a kitartás, a kommunikáció és a csoportmunka.
- Számos előnyt biztosít a lányok vagy például az SNI-diákok számára, hogy olyan területeken próbálhassák ki a képességeiket, amelyek „hagyományosan” kevésbé megszokottak számukra.
- A résztvevők hosszabb távú motivációt kapnak arra, hogy esetleg a későbbiekben is STEM-mel kapcsolatos dolgokat tanuljanak, netán a pályaválasztásukat is orientálva.

Az egyes megállapításokat az adott hatást részletesebben illusztráló esettanulmánnyal támasztják alá. Zuhrie és munkatársai megállapították azt is (Zuhrie, 2020), hogy az iskolai tanórák során elvárt követelmények nem alkalmasak a való életben felmerülő komplex problémák megoldásainak keresésére, ezért érdemes a tehetséggondozásba átvinni ezeket, amely során a diákok magasabb szintű gyakorlati tudást szerezhetnek a projektalapú, kollaboratív módszerek alkalmazása révén.

Örvendetes, hogy az említett versenyek (FLL, WRO) hazánkban is egyre népszerűbbek, és a magyar diákok nemzetközi szinten is jelentős eredményeket érnek el. A versenyekhez szükséges eszközök pályázati forrásból történő beszerzésére már több alkalommal is lehetősége volt az iskoláknak. A tehetséggondozáshoz, versenyekre való felkészüléshez több ingyenesen elérhető magyar nyelvű anyag is született az utóbbi években, amelyek egyaránt segítik a felkészítőtanárok és a diákok munkáját is (Barbalics & Solymos, 2018; Kiss, R., 2014; Kiss, R., 2016).

Az oktatási robotika alkalmazásának nehézségei és kihívásai

Az eddigiekben áttekintett kutatási eredmények mellett arra is figyelmet kell fordítanunk, hogy az oktatási robotika bevezetése és elterjesztése számos nehézségbe ütközik a gyakorlati implementáció során. Mielőtt a konkrét nehézségekre rátérnénk, érdemes felhívni a figyelmet arra, hogy a kutatók és a gyakorló pedagógusok között sincs egyetértés a robotika oktatási célú használatának értelmét vagy hasznosságát tekintve.

Egy angol iskolaigazgató, Chris King, a következő véleményét hangoztatta egy iskolavezetőknek szervezett konferencián: „*Semmi nem helyettesítheti azt a csodát, ami akkor jön létre, mikor egy lelkes tanár és egy tanulni vágyó diák találkoznak egy osztályteremben*” (Tes Magazine, 2018, idézi Fehér & Aknai, 2021). Ugyanezen a rendezvényen mutattak be egy olyan felmérést, amelyben a részt vevő hatodik osztályos diákok szerint „*a tanulók 80%-a nem akar robotokat az osztályteremben*”. Az ilyen és hasonló populáris megnyilvánulások természetesen tudományosan megalapozatlanok, nyilvánosságot kapva viszont alkalmasak az érintettek véleményének befolyásolására. A kutatók véleményét olvasva is találunk olyan megállapításokat, amelyek kritikusan közelítik meg a kérdést, és felhívják a figyelmet az empirikus kutatások fontosságára. Igazat kell adnunk Alimisisnek, aki 2013-as tanulmányában megjegyzi, hogy „*a robotikának a diákokra (és azok személyes fejlődésére) gyakorolt hatásának validálása hiányában a robotikával kapcsolatos tevékenységek csupán divat-jelenségnek tekinthetők*” (Alimisis, 2013, p. 68).

A pozitív véleményekből is kiemeltünk kettőt. Anwar és munkatársai (Anwar et al., 2019, p. 12) azt állapították meg, hogy „*... az oktatás robotika tanítás és tanulási eszközként egyaránt jó lehetőségeket kínál, beleértve az olyan diákok támogatását is, akik nem mutatnak azonnal érdeklődést a*

természettudományos vagy technikai tárgyak irányába”. Lasse Rouhianen, aki az AI és a diszruptív technológiák szakértője, azt írja, hogy „számos kutató és robotikai szakértő szerint a következő tíz éven belül a robotokat már rendszeresen használják a tantermekben, szerte a világon” (Rouhianen, 2021).

A vélekedések bemutatása után Fehér és Aknai (2021) tudományos vizsgálatának eredményeit ismertetjük, amelyhez Ertmer felosztását (1999) vették alapul. Ertmer már 1999-ben definiálta a technológiai eszközök gyakorlati bevezetésének első- és másodrendű akadályozó tényezőit (barriers). Fehér és Aknai kutatásának megállapításai alapján leggyakoribb elsőrendű akadályként a robotikai eszközök nem megfelelő számban való rendelkezésre állása okoz gondot, nemzetközi és (jóval fokozottabb mértékben) hazai szinten egyaránt. (Jóllehet a 2016-ban elkészült és közzétett Digitális Oktatási Stratégia szerint „legalább egy számítástechnika szaktanteremben a fent leírt eszközökön felül 3 tanulónként egy programozható robotot kell biztosítani” (p. 17), továbbá azt tartalmazza, hogy „5–8. évfolyamon jelenjen meg a blokk alapú programozás, szenzorok kezelése, összetett szabályozás, robotprogramozás” (p. 49), ez a célkitűzés azonban máig nem valósult meg.)

További elsőrendű akadályok, amelyek nemzetközileg és hazánkban is az oktatási robotika terjedésének gátló tényezői:

- Az oktatási robotok drága eszközök mind az iskolák, mind a tanulók számára.
- Ebből kifolyólag kevés az olyan iskola, ahol ezek megfelelő számban állnak rendelkezésre.
- Az oktatási robotika szinte teljes egészében hiányzik a tanárképzésből.

Hazánkban ezekhez a tényezőkhöz még hozzáadódik a magyar nyelvű oktatási segédanyagok hiánya is, ami máshol kevésbé jelent problémát.

A kutatásban feltárt másodrendű akadályok a következők (Khanlari, 2015):

- Gyakori, hogy a pedagógusok nem tudják, nem értik, hogyan építhetik be a robotikai eszközöket relevánsan a tanított tantárgyukba.
- A túl sok kötelező tananyag nem ad időt és lehetőséget a robotikai eszközökkel való kísérletezésre.
- Az általános iskolai tanárok nem érzik elég magabiztosnak a technikai tudásukat az eszközök használatához.
- Végül egy más jellegű probléma: míg a tanárok feladata a diákok felkészítése a megadott tudásanyagot mérő vizsgákra, a robotika alkalmazása ezekre kevésbé készít fel.

A felsoroltak hazánkban kiegészülnek azokkal a hasonló tényezőkkel, miszerint a szigorú tantervi előírások kevésbé teszik lehetővé az oktatási robotika által megkívánt és nyújtott, a tantárgyak közötti együttműködésekre épülő tevékenységeket, illetve a hazai pedagógusok felkészültségéből szintén hiányoznak az oktatási robotikával kapcsolatos ismeretek.

A különböző európai országok meglehetősen eltérő gyakorlattal rendelkeznek az oktatási robotika támogatása és tantervi bevezetése terén, ezek közül említünk meg néhányat a következőkben:

Egyesült Királyság: A robotok használata elterjedt az általános iskolában, a robotok szerepelnek az érettségi követelményekben (General Certificate of Secondary Education). Partneri kapcsolat figyelhető meg a robotikai gyártókkal (például VEX), pályázati és támogatási lehetőségek állnak rendelkezésre. A Robotics Challenge a tantervhez kapcsolódó éves program, amely elősegíti a STEM ismeretanyagának jobb megértését a 11–14 éves korú lányok és fiúk számára egyaránt.

Olaszország: Sok kísérleti projekt fut szakértőkkel együttműködve az egyetemeken. A minisztériumi projektek forrásokat biztosítanak az innovatív technológiák, valamint a robotikai eszközök használatára.

Görögország: A tantervi reform kapcsán megjelenik az új tantervben az alábbi utalás: „Az informatika és az IKT, mint külön tantárgy, amely magában foglalja a számítógépes gondolkodás, az oktatási robotika és a STEM/STEAM oktatásának elemeit” (European Education and Culture Executive Agency et al., 2019, p. 116).

Finnország: Az új finn Nemzeti Tanterv 2016-ban lépett hatályba. Bár ez nem tesz említést explicit módon a robotika osztálytermi alkalmazásáról, mégis implicit módon utal erre a kódolás kapcsán, elsősorban a matematika és a tantárgyközi tevékenységek esetében.

Franciaország: „Nincs egységes nemzeti szabályozás sem a robotika, sem a STEAM oktatásának integrálására jelenleg Franciaországban, ahogy fejlesztési terv vagy speciális finanszírozása sincs az említett tevékenységeknek” (CIDREE, 2020, p. 2). (Számos helyi önkormányzat fenntartóként támogatja a robotikai kihívásokat, versenyeket, és anyagi támogatást nyújt az iskolai robotikai tevékenységekhez.)

Karim és munkatársai (2015) tanulmányukban a következő két tényezőre hívják fel a figyelmet: szükségesnek tartják (1) a robotikaalapú tevékenységek alkalmazása során a standardizált mérőeszközök kifejlesztését, (2) és olyan, a robotikaalapú képzésekhez tartozó pedagógiai modulok kifejlesztését, amelyek a középiskolai oktatás tantervéhez illeszkednek, és támogatják azokat. Ezek mindegyike támogatná a robotikaalapú tevékenységek hatékonyság növelését, és segítené a nehézségek leküzdésében is.

A fentiekből látható, hogy az oktatási robotika bevezetése az oktatásba külföldön sem zökkenőmentes, a problémák és az akadályok között számos hasonlóság is felfedezhető, azonban számos országban helyeznek nagyobb hangsúlyt a témára, és különböző módszerekkel igyekeznek támogatni a kezdeményezéseket.

Összegzés

Tanulmányunkban áttekintettük az oktatási robotika iskolai alkalmazásának legfrissebb nemzetközi trendjeit, eredményeit és kihívásait. (Az egyes fejezetekben összevetésként említést tettünk a hazai helyzetről is.)

Az oktatási robotika az utóbbi években egyre jelentősebb szerepet kap az iskolákban, különös tekintettel a STEM és a kódolás előretörésére a megújuló IKT-területekkel kapcsolatos tantervekben. Tanulmányunkban feltérképeztük és bemutattuk, mely területekre hatol be, és milyen összefüggésekben kerül elő az oktatási robotika.

A meglévő kutatási eredmények azt mutatják, hogy a robotikai eszközök helyes és értelmes használata támogathatja a tanulók 21. századi kompetenciáinak különböző területeken történő fejlesztését, ezáltal hozzájárulhat a munkaerőpiacra történő kilépés eredményesebbé tételéhez. Ugyanakkor azt is megállapíthatjuk, hogy az oktatási robotika terjedését számos tényező nehezíti, amelyek közül az eszközök magas bekerülési költségén kívül mindenképp megemlítendő a pedagógusok előzetes ismereteinek, illetve felkészítésének hiánya. Nemzetközi szinten is sok empirikus kutatást igényel még a tanulási eredményekben megmutatkozó hatékonyság, illetve a tanulókra gyakorolt hatások pontosabb és megbízhatóbb kimutatása. Nem elhanyagolható kérdés a robotok helyes kiválasztása (költségigény), a pedagógusok felkészítése és a szükséges módszertani háttér megteremtése. Ezek bármelyikének hiányában a várt pozitív fejlesztő hatások bekövetkezése nem valósulhat meg.

Irodalom

- Aknai, D. O. (2018). Problémamegoldó gondolkodás fejlesztése Bee-Bottal, Blue-bot-tal értelmi sérült gyerekeknél. In O. Endrődy-Nagy & A. Fehérvári (Eds.), *Innováció-kutatás-pedagógusok. HERA évkönyvek V.* (pp. 505–515). Magyar Nevelés- és Oktatáskutatók Egyesülete.
- Aknai, D. O. (2020). A robotika szerepe az SNI-tanulók fejlesztésében. *Gyermeknevelés Tudományos Folyóirat*, 8(2), 146–163.
- Aknai, D. O., & Fehér, P., (2018). Computational thinking in problem-solving: A theoretical overview. In T. Vidákovich & N. Füz (Eds.), *PÉK 2018 [CEA 2018] XVI. Pedagógiai Értékelési Konferencia [16th Conference on Educational Assessment]: Program és összefoglalók [Programme and abstracts]* (p. 30). SZTE Neveléstudományi Doktori Iskola.
- Aknai, D. O., & Fehér, P. (2019). *Kalandozások robotmehcsekével – problémamegoldás, gondolkodás-fejlesztés padlórobotokkal*. Debreceni Egyetemi Kiadó, IKT MasterMinds Kutatócsoport.
- Alabdulkareem, A., Alhakbani, N., & Al-Nafjan, A. (2022). A systematic review of research on robot-assisted therapy for children with autism. *Sensors*, 22(3), Article 944. <https://doi.org/10.3390/s22030944>

- Alimisis, D. (2013). Educational robotics: New challenges and trends. *Themes in Science and Technology Education*, 6(1), 63–71.
- Angel-Fernandez, J. M., & Vincze, M. (2018). Towards a formal definition of educational robotics. In P. Zech & J. Piater (Eds.), *Proceedings of the Austrian Robotics Workshop 2018*. Innsbruck University Press. <https://doi.org/10.15203/3187-22-1>
- Anwar, S., Bascou, N., Menekse, M., & Kardgar, A. (2019). A systematic review of studies on educational robotics. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 9(2), Article 2.
- Barbalics, D., & Solymos, D. (2018). Lego Mindstorms EV3 robotok programozása. Szakköri segédanyag tanárok számára. ELTE Informatika Kar.
- Benitti, F. B. V. (2012). Exploring the educational potential of robotics in schools: A systematic review. *Computers & Education*, 58(3), 978–988.
- Bezáková, D., Hrusecka, A., & Hrusecky, R., (2021). Computing in pre-primary education with coloured paths. In *ISSEP 2021. The 14th International Conference on Informatics in Schools. Online Local Proceedings*.
- Bers, M., Ponte, I., Juelich, K., Viera, A., & Schenker, J. (2002). Teachers as designers: Integrating robotics in early childhood education. *Information Technology in Childhood Education Annual*, 2002(1), 123–145.
- Bers, M. U. (2008). Blocks to robots learning with technology in the early childhood classroom. Teachers College Press.
- Bers, M. U., & Ettinger, A. B. (2012). Programming robots in kindergarten to express identity: An ethnographic analysis. In S. Bradley, B. Barker, G. Nugent, N. Grandgenett, & V. I. Adamchuk (Eds.), *Robots in K-12 education: A new technology for learning* (pp. 168–184). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-4666-0182-6.ch008>
- Bers, M. U. (2018). Coding as a playground: Programming and computational thinking in the early childhood classroom. Routledge Press.
- Catlin, D. (2014). Using peer assessment with educational robots. In *International Conference on Web-Based Learning* (pp. 57–65). Springer.
- Catlin, D., & Wollard, J. (2014, July 18). *Educational robots and computational thinking* [Conference presentation]. 4th TRTWR & RIE 2014 – 4th International Workshop "Teaching Robotics & Teaching with Robotics" & 5th International Conference "Robotics in Education". Padova, Italy. https://www.researchgate.net/publication/264043999_Educational_Robots_and_Computational_Thinking
- Cederqvist, A. M. (2021). Designing and coding with BBC micro:bit to solve a real-world task – a challenging movement between contexts. *Education and Information Technologies*, 27, 5917–5951. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10865-w>
- Chaldi, D., & Mantzanidou, G. (2021). Educational robotics and STEAM in early childhood education. *Advances in Mobile Learning Educational Research*, 1(2) 72–81. <https://doi.org/10.25082/AMLER.2021.02.003>
- Chalmers, C. (2013). Learning with FIRST LEGO league. In Society for Information Technology and Teacher Education (SITE) (pp. 5118–5124). Conference, 2013(1),
- Chalmers, C. (2018). Robotics and computational thinking in primary school. *International Journal of Child - Computer Interaction*, 17, 93–100.
- Chen, X. (2018). How does participation in FIRST LEGO League Robotics Competition impact children's problem-solving process? In W. Lopuschitz, M. Merdan, G. Koppensteiner, R. Balogh, & D. Obdržálek (Eds.), *Advances in intelligent systems and computing*, 829. Robotics in education. Methods and applications for teaching and learning (pp. 162–167). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-97085-1_16
- Chevalier, M., Riedo, F., & Mondada, F. (2016). Pedagogical uses of thymio II: How do teachers perceive educational robots in formal education? *IEEE Robotics & Automation Magazine*, 23(2), 16–23.
- Chevalier, M., Giang, C., Piatti, A., & Mondada, F. (2020). Fostering computational thinking through educational robotics: A model for creative computational problem solving. *International Journal of STEM Education*, 7, Article 39. <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00238-z>
- Chuang, H. M., & Lee, C. C. (2020). Interactions of construal levels on programming ability and learning satisfaction: A case study of an Arduino course for junior high school students. *PLoS ONE*, 15(8), Article e0236500. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0236500>
- Consortium of Institutions for Development and Research in Education in Europe, CIDREE. (2020, January 13–14). *Robots in French STEM Education. Expert Meeting*. Lyon, France.

- <http://ife.ens-lyon.fr/ife/recherche/numerique-educatif/robotique-educative/Pdf-robotique-educative/expert-meeting-robotics-steam-education-presentation-france>
- Czékmán, B., & Fehér, P. (2017). A számítógéppel támogatott tanítás és tanulás története a közoktatásban Magyarországon (1983–2016). *Képzés és Gyakorlat*, 15(1–2), 45–66.
- Czékmán, B., & Kiss, J. (2018). Digitális eszközök használata az osztályterekben. Egy BBC micro:bites projekt tapasztalatai. *Educatio*, 27(1), 111–120.
- Digitális Jólét Program. (2016). *Magyarország Digitális Oktatási Stratégiája*. <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://digitalisjoletprogram.hu/files/55/8c/558c2bb47626ccb966050debb69f600e.pdf>
- Directorate of Evaluation, Forecasting and Performance, DEPP. (2020). *Education in Europe: Key figures 2020. 3rd edition*. French Ministry of National Education, Youth and Sports, French Ministry of Higher Education and Research and Innovation. <https://www.education.gouv.fr/education-europe-key-figures-2020-306484>
- Educational Robotics for People with Learning Disabilities, EDUROB. (2016). *Learning with robotics cases' analysis report*. European Commission. <https://edurob.eu/assets/PilotingReportWV.pdf>
- Ertmer, P. (1999). Addressing first- and second-order barriers to change: Strategies for technology integration. *Educational Technology Research and Development*, 47(4), 47–61.
- European Education and Culture Executive Agency, Eurydice, Bourgeois, A., Birch, P., & Davydovskaia, O. (2019). *Digital education at school in Europe*. Publications Office of the European Union. <https://data.europa.eu/doi/10.2797/339457>
- Fehér, P., & Aknai, D. O. (2019, September 2–6). *Wandering robots in Hungarian primary schools: A case study* [Conference presentation]. European Conference on Educational Research, ECER 2019 “Education in an Era of Risk – the Role of Educational Research for the Future?”, Hamburg, Germany. <https://eera-ecer.de/ecer-programmes/conference/24/contribution/49025/>
- Fehér, P., & Aknai, D. O. (2021, September 6–10). *Barriers and challenges of the integration of robots in K-12 classrooms* [Conference presentation]. European Conference on Educational Research, ECER 2021. Geneva, Switzerland (online). <https://eera-ecer.de/ecer-programmes/conference/26/contribution/51492/>
- Fehér, P. (2022). Oktatási robotok evolúciója: A padlórobotoktól a mesterséges intelligenciáig. In Gy. Molnár & A. Buda (Eds.), *Oktatás-Informatika-Pedagógia Konferencia* (pp. 37). Debreceni Egyetem Nevelés- és Művelődéstudományi Intézet.
- Feil-Seifer D., & Mataric, M. J. (2005). Defining socially assistive robotics. In *Proceedings of the 2005 IEE 9th International Conference on Rehabilitation Robotics* (pp. 465–468). <https://robotics.usc.edu/publications/media/uploads/pubs/442.pdf>
- Ferrarelli, P., Lapucci, T., & Iocchi, L. (2018). Methodology and results on teaching maths using mobile robots. In A. Ollero, A. Sanfeliu, L. Montano, N. Lau, & C. Carreira (Eds.), *ROBOT 2017. Third Iberian Robotics Conference. Advances in intelligent systems and computing* (vol. 694, pp. 394–406). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-70836-2_33
- Fojtik, R. (2017). The Ozobot and education of programming. *New Trends and Issues Proceedings on Humanities and Social Sciences*, 4(5). <https://doi.org/10.18844/prosoc.v4i5.2666>
- Fong, T., Nourbakhsh, I., & Dautenhahn, K. (2003). A survey of socially interactive robots. *Robotics and Autonomous Systems*, 42, 143–166. <https://www.cs.cmu.edu/~illah/PAPERS/socialroboticssurvey.pdf>
- Gaudiello, I., & Zibetti, E. (2016). *Learning robotics, with robotics, by robotics: Educational robotics* (vol. 3). John Wiley & Sons, Inc. <https://doi.org/10.1002/9781119335740>
- Heljakka, K., Ihamäki, P., Tuomi, P., & Saarikoski, P. (2019). Gamified coding: Toy robots and playful learning in early education. *International Conference on Computational Science and Computational Intelligence (CSCI)*, 800–805. <https://doi.org/10.1109/CSCI49370.2019.00152>
- Independent Education Today, IE. (2018, May 2). *80% of pupils don't want robots in the classroom*. <https://ie-today.co.uk/news/80-of-pupils-dont-want-robots-in-the-classroom>
- Jäggle, G., Lepuschitz, W., Tomitsch, T., Wachter, P., & Vincze, M. (2021). Towards a conceptual and methodological framework for the evaluation of educational robotics activities. In W. Lepuschitz, M. Merdan, G. Koppensteiner, R. Balogh, & D. Obdržálek (Eds.), *Robotics in education. RiE 2020. Advances in intelligent systems and computing* (vol 1316). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-67411-3_20

- Johnson, J. (2003). Children, robotics and education. Proceedings of the 7th international symposium on artificial life and robotics, 7, 16–21.
- Karim, M. E., Lemaignan, S., & Mondada, F. (2015). A review: Can robots reshape K-12 STEM education? *IEEE International Workshop on Advanced Robotics and its Social Impacts (ARSO)*, 1–8. <https://doi.org/10.1109/ARSO.2015.7428217>
- Khanlari, A. (2015). Teachers' perceptions of the benefits and the challenges of integrating educational robots into primary/elementary curricula. *European Journal of Engineering Education*, 41(3), 1–11. <https://doi.org/10.1080/03043797.2015.1056106>
- Kiss, R. (2014). *A LEGO Mindstorms EV3 robotok programozásának alapjai*. H-Didakt Kft., National Instruments Hungary Kft. https://hdidakt.hu/wp-content/uploads/2016/01/dw_74.pdf
- Kiss, R. (2016). *Robotika feladatgyűjtemény. 111 feladat LEGO® MINDSTORMS® EV3 és NXT robotokhoz*. H-Didakt Kft. https://hdidakt.hu/wp-content/uploads/2016/02/Robot_feladagyujtemeny_EV3_NXT.pdf
- Körber, N., Bailey, L., Fraser, G., Sabitzer, B., & Rottenhofer, M. (2021). An experience of introducing primary school children to programming using Ozobots. Practical Report. *The 16th Workshop in Primary and Secondary Computing Education*, Article 23. <https://doi.org/10.1145/3481312.3481347>
- Lénárd, A., Sarbó, Gy., Temesi-Ferenczi, K., & Vetési, E. (2018). *Az algoritmikus gondolkodás fejlesztése padlórobotok segítségével*. Stiefel-Eurocart.
- Lénárd, A., & Sarbó, Gy. (2018). *Kódolás kisiskoláskorban. A Kodu programozása tanórán kívül* [Egyetemi tankönyv]. ELTE Eötvös Kiadó.
- Marmé, N., Pflüger-Schmezer, B., Münch, B., & Knemeyer, J. P. (2019). Bee-Bots – Programmieren im Sachunterricht In C. Maurer (Ed.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Kiel 2018* (p. 452). Universität Regensburg.
- Mazzoni, E., Benvenuti, M., Tartarini, A., & Giovagnoli, S. (2021). Enhancing the potential of creative thinking in children with educational robots. *Annual Review of Cybertherapy and Telemedicine*, 18, Article 37.
- Miller, D. P. (1998). Assistive robotics: An overview. In V. O. Mittal, H. A. Yanco, J. Aronis, & R. Simpson (Eds.), *Assistive technology and artificial intelligence* (pp. 126–136). Springer. <https://link.springer.com/chapter/10.1007/BFb0055975>
- Nascimento, L. M., Neri, D. S., Nascimento Ferreira, T., Thomaz, S., Pereira, F. A., Albuquerque, E. A. Y., & Gonçalves, L. M. G. (2021). sBotics – Gamified framework for educational robotics. *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, 102, Article 17. <https://doi.org/10.1007/s10846-021-01364-8>
- Palestra, G., & Bortone, I. (2016). Perspective ethical issues about experiences with social robots to help children with autism spectrum disorders. *New Friends Conference Proceedings Ethical, Legal and Societal Issues of Robots in Therapy and Education Workshop*. <https://doi.org/10.3926/newfriends2016>
- Palestra, G., Esposito, F., & De Carolis, B. (2017, September). *A multimodal interface for robot-children interaction in autism treatment* [Conference presentation]. DCPD, CHIItaly 2017. Cagliari, Italy. <http://ceur-ws.org/Vol-1910/papero213.pdf>
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. Basic Books, Inc.
- Pérez, E. V., Gilabert, A. C., Lorenzo-Lledó, A., Carreres, A. L., & Lorenzo-Lledó, G. (2019). Robots and students with autism spectrum disorder in the educational context. *Education and New Development*, 1, 448–492. <https://doi.org/10.36315/2019v1end111>
- Resnick, M. (1991). Xylophones, hamsters, and fireworks: the role of diversity in constructionist activities. In I. Harel & S. Papert (Eds.), *Constructionism*. Ablex Publishing Corporation. <https://web.media.mit.edu/~mres/papers/Xylo/XH.html>
- Ronsivalle, G. B., Boldi, A., Gusella, V., Inama, C., & Carta, S. (2019). How to implement educational robotics' programs in Italian schools: A brief guideline according to an instructional design point of view. *Technology, Knowledge and Learning*, 24(2), 227–245. <https://doi.org/10.1007/s10758-018-9389-5>
- Rouhianen, L. (2021). *How to use robots in education?* <https://lasserouhiainen.com/how-to-use-robots-in-education/>
- Sáez-López, J. M., Sevillano-García, M. L., & Vázquez-Cano, E. (2019). The effect of programming on primary school students' mathematical and scientific understanding: educational use of mBot. *Educational Technology Research and Development*, 67(6), 1405–1425. <https://doi.org/10.1007/s11423-019-09648-5>

- Scaradozzi, D., Screpanti, L. & Cesaretti, L. (2019). Towards a definition of educational robotics: A classification of tools, experiences and assessments. using robots to scaffold learning outcomes. In L. Daniela (Ed.), *Smart learning with educational robotics* (pp. 63–92). Springer International Publishing.
- Schiffer, S., & Ferrein, A. (2018). ERIKA – Early Robotics Introduction at Kindergarten Age. *Multimodal Technologies and Interaction*, 2(4), Article 64. <http://dx.doi.org/10.3390/mti2040064>
- Schina, D., Esteve-Gonzalez, V., & Usart, M. (2021). Teachers' perceptions of Bee-Bot robotic toy and their ability to integrate it in their teaching. In W. Lepuschitz, M. Merdan, G. Koppensteiner, R. Balogh, & D. Obdržálek (Eds.), *Robotics in education. RiE 2020. Advances in intelligent systems and computing* (vol 1316, pp. 121–132). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-67411-3_12
- Shoop, R., Flot, J., Friez, T., Schunn, C., & Witherspon, E. (2016, March 2–4). *Can computational thinking practices be taught in robotics classrooms?* [Conference presentation]. International Technology and Engineering Education Conference, National Harbor, Washington DC, USA. https://www.cmu.edu/roboticsacademy/PDFs/Research/CTP_RoboticsClassrooms.pdf
- Siegfried, R., Klingler, S., Gross, M., Sumner, R.W., Mondada, F., & Magnenat, S. (2017). Mobile robot programming performance through real-time program assessment. *Proceedings of the 2017 ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education*, 341–346. <http://dx.doi.org/10.1145/3059009.3059044>
- Sullivan, A. A., Bers, U. M., & Mihm, C. (2017). Imagining, playing, and coding with KIBO: Using robotics to foster computational thinking in young children. In S. C. Kong, J. Sheldon, & K. Y., Li (Eds.), *Conference Proceedings of International Conference on Computational Thinking Education 2017*. The Education University of Hong Kong.
- Syriopoulou-Delli, C., Deres, I., & Drigas, A. (2021). Intervention program using a robot for children with autism spectrum disorder. *Research Society and Development*, 10(8), 1–12.
- Syriopoulou-Delli, C., & Gkiolnta, E. (2021). Robotics and inclusion of students with disabilities in special education. *Research, Society and Development*, 10(9), Article e36210918238. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i9.18238>
- Terroba, M., Ribera, J. M., Lapresa, D., & Anguera, T. (2022). Observational analysis of the development of computational thinking in Early Childhood Education (5 years old) through an intervention proposal with a ground robot of programmed directionality. *European Early Childhood Education Research Journal*, 30(3), 437–455. <https://doi.org/10.1080/1350293X.2022.2055102>
- The Institution of Engineering and Technology, IET. (2019). *FIRST® LEGO® League Impact Report: Key findings and case studies: the longer-term impact on attitudes toward STEM*. https://education.theiet.org/media/4623/ssd3526-fill-impact-report-2019-digital-v6_final.pdf
- Tolksdorf, N. F., Schaffrath, S., Zorn, I., Horváth, I., & Rohlfling, K. J. (2021). Ethical considerations of applying robots in kindergarten settings: Towards an approach from a macroperspective. *International Journal of Social Robotics*, 13(2), 129–140. <https://doi.org/10.1007/s12369-020-00622-3>
- Uluer, P., Kose, H., & Gumuslu, E. (2021). Experience with an affective robot assistant for children with hearing disabilities. *International Journal of Social Robotics*. <https://doi.org/10.1007/s12369-021-00830-5>
- Urlings, C., Coppens, K., & Borghans, L. (2019). Measurement of executive functioning using a playful robot in kindergarten. *Computers in the Schools*, 36(1) 1–19. <https://doi.org/10.1080/07380569.2019.1677436>
- Voštinár, P. (2020). Using mBot robots for the motivation of studying computer science. *Proceedings of the 2020 43rd International Convention on Information, Communication and Electronic Technology (MIPRO)*, 653–657.
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33–35. <https://doi.org/10.1145/1118178.1118215>
- Zacek, M., & Smolka, P. (2019). Development of computational thinking: Student motivation using Ozobot. *Proceedings of the 2019 3rd International Conference on Education and E-Learning, ICEL 2019*, 36–40. <https://doi.org/10.1145/3371647.3371654>
- Zuhrie, M. S., Buditjahjanto, I. G. P. A., Nurlaela, L., & Basuki, I. (2020). Do educational robotics competitions impact students' learning? *Journal of Physics: Conference Series, Volume 1810. The 3rd International Conference on Vocational Education and Technology (IConVET)*.

Mellékletek

1. melléklet

Robotok a kezdő szakaszban történő (óvoda, általános iskola, 4-10 éves gyermekek számára) felhasználásra

Robot neve	Ajánlott életkor	Szerelhetőség/építhetőség	Programozási nyelv/lehetőség	Empirikus kutatási eredmények
Bee-Bot/Blue-Bot	5-9	nem		Marmé et al., 2019; Schina et al., 2021
Clementoni Doc/”Manócska”	5-9	nem		Ferrarelli et al., 2018
Andy Robot	5-9	nem		–
Mazzy, Woki	5-9	nem	Grafikus felületű, táblagépről	–
Ozobot	6-9	nem	Színkódok, Blockly blokkprogramozás	Fojtik, 2017; Zacek & Smolka, 2019; Körber et al., 2021; Mazzoni et al., 2020
Clementoni Mind Designer	6-9	nem	Saját grafikus nyelv (nagyon egyszerű), hangvezérlés	Monteiro et al., 2021
ARTEC Robot	6-10	Igen	Blokkprogramozás	–
LEGO Wedo, Boost	7-10	Igen	Blokkprogramozás	–

2. melléklet

Felső tagozatosok és középiskolások számára ajánlott robotok

Robot	Ajánlott életkor	Szerelhetőség, építhetőség	Programozási nyelv, programozási lehetőség/szenzorok	Empirikus kutatási eredmények
Arduino-alapú robotok	10-	igen	C++, Python, sokféle szenzor alkalmazható	Chuang & Lee, 2020
Micro:bit alapú robotok	8-	igen	blokkprogramozás, Javascript, Python, sokféle szenzor alkalmazható	Czékman & Kiss, 2018; Cederqvist, 2021
Edison	8-	igen	Többfajta blokkprogramozás, Scratch, Python, néhány szenzor	Syriopoulou-Delli et al., 2021
mBot	10-	Igen	blokkprogramozás, sokféle szenzor alkalmazható	Sáez-López et al., 2019; Voštinár, 2020
Thymio	10-	korlátozottan	Többfajta programozási nyelv, Scratch, Python, Asebo,	Chevalier et al., 2016; Siegfried et al., 2017