

Pregledni stručni rad

MIKROUPRAVLJAČI U NASTAVI – REALNOST ILI TRENUTNA ZALUĐENOST?

Tomislav Cerinski, prof. mentor
Osnovna škola Pavao Belas, Brdovec
Ilije Gregorića 28, 10291 Prigorje Brdovečko, Brdovec

Sažetak: U radu je predstavljeno nekoliko vrsta mikroupravljača i lego robot koji su svi namijenjeni razvoju računalnog razmišljanja i programiranja, ali se ujedno mogu koristiti i u poučavanju ostalih predmeta. Jedan od tih uređaja je BBC micro:bit, koji je predstavljen 2015. godine u Velikoj Britaniji. Uređaj se u kratkom periodu raširio u nekoliko Europskih država, od Velike Britanije, Švedske, pa i do Hrvatske. Razne informatičke tvrtke trude se animirati učenike za rad s tim uređajem, pa tako osmišljavaju nagradne zadatke kako bi se učenike potaknulo na programiranje.

Ključne riječi: mikroprogramiranje, stem, škola.

1. Uvod

Razvoj tehnologije i prirodnih znanosti, te njihovo korištenje, poznatije je pod zajedničkim nazivom STEM [engl. *science, technology, engineering and mathematics*]. Brojne države suočene su s velikim promjenama u osnovnom i srednjoškolskom kurikulumu s ciljem uključivanja računalnog razmišljanja [engl. *computational thinking*] [1]. Računalno razmišljanje je osnovna vještina s kojom bi se svi trebali služiti, a ne samo informatičari [2]. Wing [2] dodaje da ovaj način razmišljanja uključuje rješavanje problema, razumijevanje ljudskog ponašanja i mentalne alate pomoću korištenja računalne znanosti. S obzirom na to da većina država ima nedostatak nastavnika s iskustvom i znanjem računalnog razmišljanja, a ujedno i zbog brzog razvoja tehnologije, trebale su biti smišljene nove metode koje bi na učinkoviti način pomogle nastavnicima [1,3]. Upitno je koliko se informacijsko-komunikacijske tehnologije [IKT] učinkovito i primjereno koriste u nastavi, posebno jer dio nastavnika teškom mukom poučava populaciju koja jako dobro koristi navedene tehnologije [4]. Isti autor takve nastavnike naziva digitalnim pridošlicama ili digitalnim imigrantima.

Novije generacije učenika izjavljuju da iz vlastitog školovanja najviše pamte istraživačku nastavu iz prirodnih predmeta [5], te bi se iz tog razloga trebalo sve više pažnje posvetiti takvoj vrsti nastave u što je više moguće predmeta. Razvoj IKT tehnologija i uvođenje istih u škole danas je stvarnost, a isto se smatra i standardnim dijelom opreme u ostalim „klasičnim“ učionicama [6]. Nastavni sat ne bi trebao biti samo korištenje tehnologije i računalnih pomagala, već se treba orijentirati na razvoj učeničkih sposobnosti [7]. Moderno poučavanje računalnih znanosti trebalo bi postati slično učenju materinjeg jezika, gdje učenici analiziraju i konstruiraju pjesme [8]. Schmidt [8] ujedno ističe da je bez osnovnog informatičkog znanja teško razumjeti kako funkcioniraju internetske tražilice i slažu podatke, te ujedno digitalna nepismenost može prouzročiti veliki jaz prema digitalnim konceptima.

Prednosti tehnologije pri radu mogu biti [9]:

- Bolji grafički prikaz
- Animacije
- Audio-vizualni primjeri

Korištenje tehnologije u nastavnom procesu ne bi trebalo biti samo sebi svrha, već treba imati unaprijed zadani cilj, a tehnologija bi u nastavi trebala biti korištena s ciljem učenja novog [7]. Moderna škola promiče STEM, tj. korištenje tableta, računala i ostale multimedijske opreme, pa tako i BBC micro:bit i ostale mikroupravljače. No, pitanje koje se ovdje javlja je: gdje je [trenutna] granica gdje se mora prestati koristiti digitalne tehnologije, a više pažnje posvetiti izravnom radu s učenicima?

„Poučavanje računalnih znanosti ne bi se trebalo promatrati kao trening za programere već to na mnogo načina postaje slično učenju materinjeg jezika“ [8: 5]

Moderna nastava više nema naglasak na poučavanju, već je usmjerena prema aktivnom učenju u kojem se primjenjuju različite strategije i koriste kognitivne vještine s kojim nam je omogućeno dugoročno pamćenje [10]. Učenici vole učiti programske jezike i programiranje, pa u raznim državama postoje brojne informatičke udruge i zajednice tehničke kulture u kojima se, izvan škole, uči programske jezike i razvijaju se programerske vještine. Nordijske zemlje zbog

potrebe za strateškim ciljem IKT tehnologije u obrazovanju, žele upotrijebiti IKT za stvaranje očekivane koristi kako za školstvo, tako i za društvo [11].

Ejiwale [3] ističe nekoliko problema i nudi rješenja kako bi se unaprijedio rad s učenicima:

- Kvalitetnija priprema nastavnika za rad u učionici ključna je pri pomoći učenicima u postizanju boljeg obrazovanja, ali nažalost učionice su ispunjene s nedovoljno dobro educiranim nastavnicima zbog nedostatka istih,
- Nedostatak ulaganja u profesionalni razvoj nastavnika za posljedicu povlači lošiji uspjeh njihovih učenika,
- Stavljanje neiskusnih nastavnika na početku radne karijere u „najžešće“ razrede. Kako bi se taj problem riješio predlaže se da se tim učiteljima dodijeli iskusni nastavnik koji bi ih naučio kako se suočiti s tim zadacima,
- Nedostatak potpore od strane škole,
- Otkad se STEM edukacija integrirala u većinu drugih znanstvenih disciplina, nužno je poticati istraživačku suradnju između nastavnika i suradnju s raznim tvrtkama kako bi se premostio tradicionalni pristup poučavanju i učionici.

Monk navodi da onoliko dobro koliko nastavnik poznaje predmet koji poučava, takav je i pozitivni efekt na učenje od strane učenika [3].

Direktor BBC-a 2013. godine najavio je da će u sklopu inicijative *Make it Digital* 2015. godine BBC, Microsoft i Samsung zajedno predstaviti BBC micro:bit, koji će podijeliti učenicima u Velikoj Britaniji [1,12]. BBC micro:bit se kod njih upotrebljava od 2016. godine, a u Švedskoj od 2018. godine [13]. U Hrvatskoj su u kampanji STEM revolucije škole od instituta IRIM [Institut za razvoj i inovativnost mladih] u siječnju 2017. dobile na korištenje micro:bit za učenje i vježbu programiranja. Cilj kampanje je digitalna razvijenost i pismenost mladih u Hrvatskoj [14]. U početnom periodu podijeljeno je više od 20 000 micro:bit uređaja u preko 1 000 osnovnih i srednjih škola te sveučilišta i knjižnica [15]. Micro:bit se u nastavi koristi i u Norveškoj, dok se u Finskoj još koristi i Lego Mindstorms robot, pomoću kojega se također može učiti računalno razmišljanje [11].

Jedan od najbitnijih, ako ne i najvažniji faktor koji odlučuje o korištenju određene tehnologije su stavovi korisnika prema tehnologiji [16], tj. ako učitelji osjećaju odbojnost prema nekoj vrsti tehnologije, oni ju sigurno neće koristiti.

2. Povijesni razvoj

Razvoj tehnologije povezan je s napretkom društva, i ujedno je razvoj napredovao toliko da se primjerice vijesti na internetskim portalima neprestano mijenjaju kako bi se dobile „najnovije“ vijesti [17].

Ljudi su od davnina težili cilju pojednostavljenja određenih radnji, kako fizičkih, tako i matematičkih. Prvo računalo koje je vršilo operacije zbrajanja i oduzimanja bio je Abakus, napravljen oko 3000 godina pr. Kr. Daljnjim razvojem Blaise Pascal izradio je mehanički stroj, Paskalina, koji je također obavljao iste operacije, ali putem mehaničkih zupčanika. Howark Aiken 1943. godine dovršava računalo MARK I, koji je bio prvo elektromehaničko računalo. Početak razvoja digitalnih tehnologija uznapredovao je otkrićem tranzistora, 1947. godine, kada su Shockley, Barden i Brattain zamijenili elektronske cijevi tranzistorom. Ovaj

izum omogućio je minijaturizaciju računalnih komponenti. Američka tvrtka Intel proizvodi mikroprocesor 4004, 1970. godine. Razvojem računala, razvijao se i software koji pokreće računala i aplikacijski programi pomoću kojih se mogu obavljati određeni zadaci.

Papert ističe da su prvi alati koji su se koristili za učenje programiranja bili vrlo teški za početnike, dok nije razvijeno proceduralno LOGO programiranje [18].

Računalno razmišljanje temelji se na sedam ideja računalstva [18]:

- Računalstvo je kreativna ljudska djelatnost
- Apstrakcija smanjuje broj informacija i detalje kako bi se usredotočili na pojmove bitne za razumijevanje i rješavanje problema
- Podaci i informacije pojednostavljaju kreiranje znanja
- Algoritmi su alati za razvoj i izražavanje računalnih problema
- Programiranje je kreativni proces koji proizvodi računalne artefakte
- Digitalni uređaji i mreže koji ih povezuju omogućuju računalne pristupe rješavanju problema
- Računalstvo omogućuje inovacije i u drugim područjima, poput znanosti, društvenih i humanističkih znanosti, medicine, tehnike i poslovanja.

Tehnologiju ne treba smatrati zasebnom cjelinom nego dijelom poučavanja [19]. Osobe koje su izravno povezane s uvođenjem novih tehnologija [posebno školski ravnatelji] su upravo osobe kod kojih je utvrđena najveća razlika u odobravanju ili neodobravanju tableta u školama [16]. Istraživanje o stavovima prema korištenju računala u nastavi stranih jezika govori da studenti Internet doživljavaju kao koristan izvor informacija, ali je nedostatak što Internet prisiljava sve sudionike nastavnog procesa na razvoj novih strategija potrebnih za procesiranje informacija [20].

Nordijske države pojam programiranja pojašnjavaju vrlo široko, što uključuje ključne pojmove računalnog razmišljanja, dok se u Švedskoj dodatno obuhvaćaju i kreativna rješenja, upravljanje i simulacija [11]. Ključne teme koje su pokrivena su: algoritamsko razmišljanje i programiranje računala, algoritamsko razmišljanje i programiranje fizičkih objekata [poput micro:bit, lego mindstorms, arduino], programiranje u tekstualnom okruženju [python, java script], programiranje u vizualnom okruženju [scratch, , scratch jr, code studio, micro:bit] [11].

3. Upotreba u nastavi

3.1 Arduino

Arduino je open-source programabilna platforma koja se može smatrati samostalnim računalom [21]. Arduino platforma i računalno spajanje mogu biti korišteni u brojnim sustavima, poput robota [21]. Ko i Shim ističu da su mogućnosti korištenja Arduina ugodne za studente su dobre s obzirom na to da nakon rješavanja određenih zadataka studenti osjećaju veliku motivaciju [21], a ujedno je i jednostavnije od „klasičnog“ programiranja [22]. Osim jednostavnosti korištenja, prednost Arduina je i njegova pristupačna cijena [23].

Brojni istraživači su isprobavali mogućnosti kombiniranja Arduina i raznih senzora su prikazali velike mogućnosti učenja fizike [mjerenje temperature,

vlažnosti zraka..], ultrazvuka, učenja manipulacije LCD ekranom ili sviranje glazbenih tonova [24,25].

Arduino, kao open-source je jako raširen, te je njegova velika prednost u tome što na internetskim stranicama ima mnogo kodova besplatnih za preuzimanje [23,26]. Primjer web stranice za Arduino: <https://www.arduino.cc/>

3.2 Lego Mindstorms

Lego Mindstorms, čija je otegotna okolnost njegova visoka je programabilni robot prvenstveno namijenjen djeci [27]. U ranim 60-im godinama Seymour Papert je istraživao kakvu korist djeca mogu dobiti od računala te je razvijeno Lego okruženje u kojem djeca programiraju računala i uče računalo kako razmišljati [28–30]. Papert [29] navodi da ako želimo nekim strojem upravljati na ljudima razumljivom jeziku, bitno je dubinski zaći u sam program stroja. U to vrijeme LEGO je ulazio i u škole te je 1987. godine dostupna postala „programabilna kocka“ [28], koja se kasnije razvijala prema Lego Mindstorms sustavu.

Učenje s LEGO Mindstorms setom je motivirajuće za studente zbog njihove interakcije s robotom kojeg samostalnom moraju izraditi [27, str. 399].

Jednostavnost rada i programiranja robota je prikazana u istraživanju u Stockholmu nad učenicima od 7 do 14 godina koji su kreirali vlastite robotnogometase samo koristeći se kratkim uputama [31]. Istraživanje u kojem su učenici izrađivali vlastite Lego robote i koristeći računalne programe njima upravljaju, kao rezultat je dalo veću motivaciju i učenje novih koncepata o računalnim sustavima te njihovoj primjeni na stvarne probleme [32]. Prilikom učenja programiranja poučavanje putem Lego Mindstorms robota polučuje više akademskog uspjeha od programiranja putem C++ programskog jezika, a ujedno je i privlačnije [33,34]. Prilikom čestih i sitnih izmjena programa programskog koda, učenici osjećaju frustraciju i demotivaciju [34]. Više o Lego Mindstormsu se može pronaći na sljedećoj poveznici: <https://education.lego.com/en-us/downloads/mindstorms-ev3/software>.

3.3 BBC micro:bit

Micro:bit je zapravo mikroupravljač [malo računalo napravljeno na jednome čipu [26]], koje je prvenstveno namijenjen učenju programiranja, ali može biti i kao dobar mikroupravljač drugim projektima [35]. Uređaj na sebi ima [ili se na njega mogu spojiti] akcelerometar, kompas, ekran, digitalni ekran od 25 led žaruljica. Micro:bit razvija kreativnost učenika, a ujedno je i veliki motivator unutar učionice [13,36]. Mogućnost „opipa“ uređaja je ključni element poticanju interesa, te prema tome djeca lakše povezuju učenje programiranja i izradu digitalnih uređaja [36]. Sentance i sur. [36] u istraživanju nad Britanskim učiteljima zaključuju da je BBC micro:bit jednostavan za korištenje, opipljiv, pruža razne mogućnosti razvoja kreativnosti, omogućuje učenje vještina programiranja. Posebno je koristan u predmetima poput kemije, biologije, matematike, glazbene kulture, tehničke kulture i informatike [37].

U Sjevernoj Irskoj učenici koji su koristili micro:bit uređaje izjavljuju da su zabavni i korisni za učenje programiranja i rješavanja problema i da ih žele što više koristiti [38]. Isti učenici sumirali su nekoliko prijedloga pri učenju programiranja pomoću BBC micro:bita [38]:

- Smanjiti broj pisanih uputa,
- Povećanje vizualnih simbola s ciljem pomoći sudionicima kroz zadatke,
- Poticanje neovisnog istraživanja softwera u smislu razvijanja znanja i razumijevanja programiranja.

Primjer web poveznice s više informacija o Micro:bitu: <https://microbit.org/>

3.3.1 Informatika

Informatika je tek od školske godine 2018./2019. redovni predmet u osnovnim školama, ali samo u petom i šestom razredu, dok je u višim razredima osnovne škole i dalje izborni [39]. U nastavnom planu i programu navodi se da bi učenici trebali biti osposobljeni za „upotrebljavati primjerene programske alate kao potporu u učenju i istraživanju; upotrebljavati multimedijske alate kao potporu vlastitoj i grupnoj produktivnosti u učenju; odabrati i ocijeniti prikladna pomagala za rješavanje raznovrsnih zadataka i problema iz stvarnoga života“ [40:310]. Informatika je prema aktualnom kurikulumu pojašnjena kao dodatno znanstveno područje koje je potrebno izučavati, a posebne kompetencije koje su osnovne za poznavanje su: programiranje, algoritmi [39].

U Hrvatskoj je tvrtka Profil Klett napravila natjecanje s ciljem prikaza implementacije IKT u poučavanje i implementaciju micro:bit uređaja u nastavu raznih predmeta, sve s ciljem kako bi se razvijala učenička socijalna i ekološka svijest [15].

3.3.2 Fizika

Problemi prilikom nastavnog procesa fizike javljaju se jer se određene nastavne cjeline u pojedinim školama ne mogu kvalitetno realizirati zbog nedostatka opreme i novca za kupnju te opreme [41]. Isti autor navodi da zbog razvoja tehnologije i relativno niske cijene određene se radionice mogu odraditi pomoću mikro računala, koja mjere određene fizičke veličine, poput temperature, vlažnosti zraka, gibanja i sl. Multimedijски udžbenici [i popratni CD] sadrže računalne simulacije i interaktivne metode provjere različitih vrsta mjerenja fizikalnih pojava, te se razni pojmovi mogu puno jednostavnije prikazati i shvatiti putem suvremenih simulacija [6].

3.3.3 Matematika

U razrednoj nastavi, matematika se može učiti pomoću igranja, gdje nam pomaže micro:bit [42]. Jurec ističe da se micro:bit može konfigurirati tako da nasumično zadaje brojeve, a na temelju toga oni samostalno provjeravaju točnost množenja ili neke druge računske operacije. U matematici se dodatno može koristiti i za uspoređivanje brojeva, parnosti brojeva i sl. [43].

3.3.4 Ostali predmeti

U predmetu priroda može se napraviti program za termometar [može se koristiti i za fiziku], kao program za mjerenje i prikaz temperature zraka, ili za određivanje vlažnosti zraka; u geografiji kao kompas; likovnoj kulturi za mjerenje jačine svjetlosti [43]; u nastavi tjelesne i zdravstvene kulture kao određena vrsta senzora pokreta ili mjerača brzine refleksa. Mogućnosti su i izvan nastave [npr. programiranje pogađanja brojeva, kockice za igru „čovječe ne ljuti se“ i sl .] Broj mogućnosti gdje se ovaj alat može koristiti je zapravo i neograničen, a mašta je jedino ograničenje razvoja nove ideje u korištenju tog alata. Više o idejama može se pronaći na sljedećoj poveznici: <https://croatianmakers.hr/hr/microbitunastavi/>.

4. Zaključak

Ako je prvi kriterij odabira uređaja cijena, onda izbor pada na BBC micro:bit, pa na Arduino, a tek na kraju Lego Mindstorms, dok pri odabiru prema atraktivnosti, odabir bi bio obrnutog poretka.

Najviše literature postoji o Arduinu, dok o BBC micro:bit uređajima nema puno dostupne literature i istraživanja o njegovoj upotrebi. Micro:bit je iznimno popularan u Hrvatskim školama, a trenutno ga koriste [većinom] entuzijastični nastavnici koji žele učenicima pružiti neke druge poglede na nastavu. Iako uređaji nisu komplicirani za korištenje, treba potrošiti popriličnu količinu slobodnog vremena utrošiti kako bi se napravili specifični programi i tada demonstrirali učenicima. Na internetskim portalima postoji veliki broj aplikacija koje se mogu slobodno koristiti, ali za neke od njih treba kupovati dodatni pribor. Iako nisu skupi, škole [za sada] još nemaju previše sluha kako bi ih samostalno kupile, već to ovisi ponajviše o nastavnicima koji ih samostalno kupuju. Lego Mindstorms robot prvenstveno je namijenjen razvoju računalnog razmišljanja i nastavi informatike, dok je za ostale predmete njegova upotreba također moguća, ali je za njegovu upotrebu potrebna viša razina programiranja nego za micro:bit. Iako postoje i druge vrste robota i mikroupravljača, ovdje su detaljnije obrađeni samo neki.

Kako bi se ove tehnologije i dalje koristile u nastavnom procesu, to uvelike ovisi isključivo o nastavnicima informatičkih predmeta te njihovom osobnom angažmanu.

5. Popis literature

1. Tyrén M, Carlborg N, Heath C, Eriksson E. Considerations and Technical Pitfalls for Teaching Computational Thinking with BBC micro:bit. U: National Perspectives of Making. Trondheim, Norway: FabLearn Europe; 2018. 81–86.
2. Wing JM. Computational Thinking. *Communications of the acm.* 2006.;49[3]:33–35.
3. Ejiwale JA. Barriers to successful implementation of STEM education. *Journal of Education and Learning.* 2013.;7[2]:63–74.
4. Prensky M. Digital Natives, Digital Immigrants. *On the Horizon.* 2001.;9[5]:1–2.
5. Matijević M. Na tragu didaktike nastave za net-generacije. U: Matijević M, urednik. *Nastava i škola za net-generacije.* Zagreb: Učiteljski fakultet; 2017. 19–46.
6. Klaić M, Dumančić M. Suvremeni pristupi koji doprinose uspješnijoj nastavi fizike u osnovnoj školi [primjeri iz nastavne prakse]. U: Čičin-Šain A, Sunde J, Lipljin N, Uroda I, urednici. *MIPRO Zbornik radova.* Rijeka; 2012. 1631–1634. URL: <https://www.bib.irb.hr/582339> [2.7.2019.]
7. Kojčić Z. Upotreba mobilnih tehnologija u nastavi. *Metodički ogledi: časopis za filozofiju odgoja.* 2012.;19[2]:101–109.
8. Schmidt A. Increasing Computer Literacy with the BBC micro:bit. *IEEE Pervasive Computing.* 2016.;15[2]:5–7.
9. Issing LJ. From Instructional Technology to Multimedia Didactics. *Educational Media International.* 1994.;31[3]:171–182.
10. Peko A, Varga R. Active learning in classrooms. *Život i škola: časopis za teoriju i praksu odgoja i obrazovanja.* 2014.;LX[31]:59–73.
11. Bocconi S, Chiocciariello A, Earp J. The Nordic approach to introducing Computational Thinking and programming in compulsory education URL: <http://www.itd.cnr.it/doc/CompuThinkNordic.pdf> [7.3.2019.]
12. Rogers Y, Shum V, Marquardt N, Lechelt S, Johnson R, Baker H, i ostali. From the BBC micro to micro:bit and beyond: a British innovation. *interactions.* 2017.;24[2]:74–77.
13. Carlborg N, Tyrén M. Introducing micro:bit in Swedish primary schools [Master's thesis in Interaction Design]. [Gothenburg]: Chalmers University of Technology; 2017.
14. IRIM. STEM revolucija - Croatian Makers. URL: <https://croatianmakers.hr/hr/stem-revolucija/> [3.7.2019.]
15. Milić M, Kukuljan D, Krelja Kurelović E. Micro:Bit Implementation in ICT Education. *The Eurasia Proceedings of Educational & Social Sciences.* 2018.;11:128–133.
16. Hassan M, Geys B. Expectations, realizations, and approval of tablet computers in an educational setting. *Journal of Educational Change.* 2016.;17[2]:171–190.
17. Krajina Z, Perišin T. Digitalne vijesti: mediji, tehnologija i društvo. *Društvena istraživanja: Časopis za opća društvena pitanja.* 2009.;18[6 [104]]:935–956.
18. Grover S, Pea R. Computational Thinking in K–12: A Review of the State of the Field. *Educational Researcher.* 2013.;42[1]:38–43.

19. Shahneaz MA, Akhter S, Yasmin N. The Impact of Teacher and Technology in Class Room. *Journal of Education and Practice*. 2014.;5[27]:79–82.
20. Mikulan K, Legac V, Siročić D. Pozitivni i negativni aspekti platformi za učenje na daljinu Moodle i WebCT u nastavi hrvatskog jezika. *Zbornik radova Međimurskog veleučilišta u Čakovcu*. 2011.;2[1]:83–94.
21. Kirikkaya EB, Basaran B. Investigation of the Effect of the Integration of Arduino to Electrical Experiments on Students' Attitudes towards Technology and ICT by the Mixed Method. *European Journal of Educational Research*. 2019.;8[1]:31–48.
22. Tan WL, Venema S, Gonzalez R. Using Arduino to Teach Programming to First-Year Computer Science Students. *International Association for the Development of the Information Society*; 2017.
23. D'Ausilio A. Arduino: A low-cost multipurpose lab equipment. *Behavior Research Methods*. 2012.;44[2]:305–313.
24. Laštovička-Medin G, Petrić M. Embedded lab: Arduino projects in science lessons. U: 2015 4th Mediterranean Conference on Embedded Computing [MECO]. 2015. 284–289.
25. Palašek B, Mesarić P, Kukec M. Ostvarivanje sučelja između mikroupravljača I MATLAB-a. *Tehnički glasnik*. 2014.;8[3]:314–318.
26. Banzai M, Shiloh M. Getting started with Arduino. Third edition. Sebastopol, CA: MakerMedia; 2015.
27. Majherová J, Králík V. Innovative Methods in Teaching Programming for Future Informatics Teachers. *European Journal of Contemporary Education*. 2017.;6[3]:390–400.
28. Druin A, Hendler JA, Hendler J. Robots for Kids: Exploring New Technologies for Learning. Morgan Kaufmann; 2000.
29. Papert S. Mindstorms: children, computers, and powerful ideas. New York: Basic Books; 1980.
30. Read JC, Markopoulos P. *International Journal of Child-Computer Interaction*. *Int J Child-Comput Interact*. URL: <https://www.journals.elsevier.com/international-journal-of-child-computer-interaction/> [4.7.2019.]
31. Lund HH, Pagliarini L. RoboCup Jr. with LEGO MINDSTORMS. U: Proceedings 2000 ICRA Millennium Conference IEEE International Conference on Robotics and Automation Symposia Proceedings [Cat No00CH37065]. 2000. 813–819 sv.1.
32. Kim SH, Jeon JW. Introduction for Freshmen to Embedded Systems Using LEGO Mindstorms. *IEEE Transactions on Education* 2009.;52[1]:99–108.
33. Korkmaz Ö. The Effect of Lego Mindstorms Ev3 Based Design Activities on Students' Attitudes towards Learning Computer Programming, Self-Efficacy Beliefs and Levels of Academic Achievement. Sv. 4. 2016.
34. Lykke M, Coto M, Jantzen C, Mora S, Vandel N. Motivating Students through Positive Learning Experiences: A Comparison of Three Learning Designs for Computer Programming Courses. *Journal of Problem Based Learning in Higher Education* 2015.;3[2]:80–108.
35. Kadi D. Od čega se sastoji Micro:BIT koji uskoro stiže hrvatskim osnovnoškolcima? URL: <https://www.vidilab.com/micro-bit-iot/3352-bbc-micro-bit-hardver-uredaja> [1.7.2019.]

36. Sentance S, Waite J, Hodges S, MacLeod E, Yeomans L. „Creating Cool Stuff“: Pupils’ Experience of the BBC Micro:Bit. U: Proceedings of the 2017 ACM SIGCSE Technical Symposium on Computer Science Education. New York, NY, USA: ACM; 531–536. [SIGCSE ’17]. URL: <http://doi.acm.org/10.1145/3017680.3017749> [27.4.2019.]
37. Matoš I. BBC micro:bit. Matka: časopis za mlade matematičare 2018.;26[103]:199–201.
38. Gibson S, Bradley P. A study of Northern Ireland Key Stage 2 pupils’ perceptions of using the BBC Micro:bit in STEM education. Belfast: St. Mary’s University College; URL: <http://ojs.cumbria.ac.uk/index.php/step/article/view/374> [3.7.2019.]
39. Ministarstvo znanosti i obrazovanja. Odluka o donošenju kurikuluma za nastavni predmet Informatike za osnovne škole i gimnazije u Republici Hrvatskoj. NN 22/2018. URL: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2018_03_22_436.html [2.7.2019.]
40. Ministarstvo znanosti, obrazovanja i športa. Nastavni plan i program za osnovnu školu URL: https://mzo.hr/sites/default/files/dokumenti/2017/06/nastavni-plan-i-program-za-os_2006.pdf [7.3.2019.]
41. Pintarić G. Upotreba mikrokontrolera u nastavi fizike. U: Aviani I, urednik. XIII Hrvatski simpozij o nastavi fizike. Zadar; 2017. 241–245.
42. Jurec M. Micro:bit u nastavi matematike. Poučak: časopis za metodiku i nastavu matematike 2018.;19[73]:68–70.
43. Lesničar M. BBC micro: bit i njegova primjena u razrednoj nastavi [magistarski rad]. University of Pula. Faculty of Educational Sciences; URL: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:137:247466> [27.4.2019.]