



Sveučilište u Rijeci
University of Rijeka
<http://www.uniri.hr>

Polytechnica: Journal of Technology Education, Volume 4, Number 1 (2020)
Politehnika: Časopis za tehnički odgoj i obrazovanje, Volumen 4, Broj 1 (2020)



Politehnika
Polytechnica
<http://www.politehnika.uniri.hr>
cte@uniri.hr

DOI: <https://doi.org/10.36978/cte.4.1.4>

Izvorni znanstveni rad
Original scientific paper
UDK 004.77:373.3/.5

Didaktičko i tehničko vrednovanje platforme Arduino: Studija slučaja

Antonio Svedružić

Osnovna škola Ljudevita Gaja
Ljudevita Gaja 2, Zaprešić
antonio.svedruzic@skole.hr

Danijel Ptičar

Srednja škola Ban Josip Jelačić
Trg dr. Franje Tuđmana 1, Zaprešić
pticar@gmail.com

Sažetak

S obzirom na sve češću primjenu platforme Arduino u nastavi mnogih školskih predmeta nameće se pitanje njene didaktičke i tehničke vrijednosti. Zbog toga je provjereno u kojoj mjeri platforma Arduino omogućuje konstruktivističko, samoregulirano, kontekstualno i suradničko učenje te podupire li navedene oblike učenja njeno tehničko oblikovanje. Na uzorku učitelja i nastavnika iz tzv. STEM područja (N=40) s iskustvom u radu na platformi anketnim upitnikom su provjereni didaktički i tehnički elementi vrednovanja. Uz to, procjena didaktičke i tehničke vrijednosti platforme dodatno je provjerena intervjuom s obrazovnim stručnjacima koji imaju iskustvo u primjeni platforme u nastavi. Ukupno gledajući, dobiveni rezultati pokazuju da učitelji i nastavnici pozitivno procjenjuju sve didaktičke sastavnice učenja i tehnička obilježja platforme, a osobito visoko konstruktivističku i kontekstualnu mogućnost učenja pomoću platforme. Rezultati intervjua dodatno su potvrdili njenu obrazovnu vrijednost i pokazali da platforma omogućuje aktivno učenje u realnom okruženju, kontekstualno učenje koje potiče motivaciju, suradnju s ostalim učenicima i samoučenje podržano velikom bazom online projekata. Doprinos prikazane evaluacije je ukazati na didaktičke i tehničke mogućnosti platforme s ciljem značajnijeg korištenja njezinog obrazovnog i znanstvenog potencijala.

Ključne riječi: *Arduino; didaktički elementi vrednovanje; konstruktivističko učenje; mikroupravljač; tehnički elementi vrednovanja.*

Uvod

Prema mogućnostima koje danas posjeduje informacijska i komunikacijska tehnika i u polju obrazovanja nudi se sve više alata za učenje i pomoć u učenju. Međutim, s pedagoške strane nije sporno hoće li se i je li opravdano računalnu tehniku implementirati kao jedan od alata za učenje već je pitanje omogućuje li suvremena računalna tehnika

optimalno i racionalno postizanje očekivanih ishoda učenja. Zbog toga je između ostalog važno didaktičko i tehničko vrednovanje računalnih resursa za učenje kao bi se potvrdila njihova obrazovna učinkovitost. Matijević i Topolovčan (2017) navode da je vrijednost obrazovnog računalnog alata ostvarena ako omogućuje; konstruktivističko, samoregulirano, kontekstualno i suradničko učenje. Ukratko, didaktička vrijednost računalnog alata je ispunjena

ako se znanja uče aktivno i tako naučena čine zaokruženu i svrhovitu cjelinu. Drugim riječima, ako su znanja rezultat osobne konstruktivne aktivnosti u kojoj je uz ostalo moguće rješavati probleme u autentičnom kontekstu koji reflektira način na koji će znanja biti primijenjena, mijenjati varijable u eksperimentu, kreirati nove vrijednosti odnosno interaktivno istraživati, suradnički konstruirati znanja, smatra se da su ispunjena konstruktivistička obilježja učenja (Krsnik 2008; Matijević, Topolovčan, Rajić, 2017; Topolovčan, Rajić, Matijević, 2017). Didaktička vrijednost računalnog alata je veća ako omogućuje samostalno učenje bez podrške vođenja ili uz vođenje kroz aktivnosti koje mogu imati razne forme, od online priručnika, foruma ili stručnih voditelja. Samoregulirano učenje je ispunjeno ako potiče individualizaciju u procesu učenja. Isto tako, korisno je da računalni alati imaju poveznicu s realnim okruženjem te da se znanja mogu formalizirati u grafičkom, shematskom ili matematičkom obliku čime se omogućuje situacijsko i kontekstualno učenje. Situacijsko učenje je učenje u situaciji koja odražava situacije iz tzv. stvarnog svijeta dok kontekstualno učenje stavlja naglasak na učenje u kontekstu učenikova života – povezivanje i primjenu u svakodnevnom životu. Konačno, za računalne alate je poželjno da omogućuju suradničko učenje čija je realizacija moguća kroz razne oblike online aktivnosti u smislu dijeljenja sadržaja i suradnje s ostalim korisnicima računalnog alata. Pored didaktičke vrijednosti računalnog alata od iznimne je važnosti tehnička kvaliteta alata jer je preduvjet za učenje (El Mhouti, Nasseh, Erradi 2013). Nije za očekivati da se ostvare aktivnosti pomoću računalne tehnike ako postoje temeljni problemi u korištenju. Zbog toga istraživači predlažu preporuke za tehničko oblikovanje računalnih alata, a neke su: jednostavno upravljanje, primjereno oblikovano programsko sučelje, mrežno funkcioniranje, kreiranje sadržaja i mogućnost nadogradnje (El Mhouti, Nasseh, Erradi 2013; Matijević, Topolovčan, 2017). Za očekivati je da suvremena računalna tehnika s obzirom na njene potvrđene mogućnosti na ostalim poljima ljudskog djelovanja ima potencijala i u polju obrazovanja te može ispuniti većinu didaktičkih i tehničkih pretpostavki učenja. Stoga će se u ovom radu vrednovati didaktička i tehnička komponenta učenja danas sveprisutne računalne i programske platforme Arduino.

Arduino je računalna platforma uparena s intuitivnim programskim jezikom čiju osnovu čini mikrokontroler. U sprezi sa sensorima, aktuatorima, dodanim modulima, audio i vizualnim dodacima i ostalim integriranim krugovima Arduino platforma je programirajući „mozak“ za gotovo svaki upravljački sustav. Uz dodatne „shields-ove“, kompatibilne pločice koje se montiraju na osnovnu ploču i proširuju

njene mogućnosti, mogu obavljati različite funkcije čime rad s platformom dodatno čine jednostavnim i funkcionalnim. U svojim začetcima razvoj platforme Arduino zamišljen je prije svega kao obrazovni alat što potkrepljuju riječi jednog od njezinih tvoraca *Massima Banzia* koji između ostalog kaže: *„Ne možemo se nadati novim generacijama znanstvenika i inženjera ako ne dopustimo učenicima da aktivno i samostalno istražuju i koriste svoju kreativnost u tehnološkom okruženju.“* (Banzi, Shiloh, 2015). Zbog toga je Arduino osmišljen kao „open-source“ platforma te je dozvoljena besplatna razmjena i dijeljenje hardverskih i softverskih komponenti te programskog kôda. U obrazovnom smislu Arduino platforma kao računalni alat za učenje ima brojne tehničke i didaktičke mogućnosti na koje ukazuju sve više korisnika platforme. Tako se kao pozitivni efekti korištenja u nastavi programiranja navodi da rad s Arduinom povećava motivaciju i interes, potiče kreativnost, suradničko učenje i razmjenu ideja (Radlovački, 2017). U nastavi prirodnih znanosti iako još uvijek nedovoljno korišteno, postoje učitelji i nastavnici koji ukazuju na prednosti korištenja takve tehnike u nastavi u smislu njene aktualnosti, uvođenju učenika u tehnike mjerenja u najranijoj dobi i poticanju raznih oblika mišljenja (Pintarić, 2017). Dakako, rad s platformom ima i neke manje dobre strane kao što je inicijalno investiranje, značajniji vremenski angažman, kontinuirano učenje i usavršavanje, „nebrušenost“ završnog proizvoda (Meštrović, Šafran, 2019) te promjene koncepta nastave (Zorica, Lipovac, Norac, Antunović, Terezić, 2016). Možda najveća obrazovan dobrobit Arduino platforme je integracija raznih tehničkih i prirodoslovnih domena danas objedinjene kroz STEM paradigmu. U radu na projektima s Arduinom neophodno je povezivanje znanja iz elektronike, programiranja, programskih alata, matematike, fizike i ostalih znanstvenih područja čime se razvijaju STEM kompetencije učenika, a jedan takav projekt koji zahtijeva međupredmetnu integraciju pokazali su u svom radu Svedružić i Ptičar (2018). To ne znači da su umjetnička područja isključena, štoviše, Arduino je namijenjen umjetnicima, dizajnerima, hobistima i svima koji su zainteresirani za stvaranje interaktivnih objekata ili okruženja (Zenzerović, 2016) što pak odlično nadovezuje na danas recentno STEAM obrazovanje (eng. *Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics*).

Središte svakog Arduina koja na tržište dolaze u raznim inačicama (Uno, Nano, Pro Mini itd.), čini mikrokontroler i sklopovlje za komunikaciju s računalom koje se odvija USB priključkom. Za programiranje mikrokontrolera koristi se Arduino IDE (eng. *integrated development environment*) programsko sučelje, a programiranje se izvodi pomoću posebnog uređivača u koji se unose C/C++

programskih kôdova. Jednostavniji kôdovi dolaze uz okruženje, a moguća je i modifikacija već postojeći kôdova. U svakom slučaju, kad se upoznaju osnovni principi programiranja mikrokontrolera pisanje kôdova postaje trivijalno tim više što na mreži postoje gotove biblioteke koje olakšavaju povezivanje vanjskih komponenti. U rad s Arduinom nisu potrebna velika predznanja iz područja tehnike i programiranja tako da je rad s platformom omogućen velikom broju korisnika različitog predznanja (Radlovački, 2017; Tan, Venema, Gonzalez, 2017). Uz senzorsku podršku i unos izmjerenih podataka platforma postaje logički razumljiva, a ujedno vrlo dostupna eksperimentalna oprema za mjerenje velikog broja fizičkih varijabli.

Iako obrazovni praktičari i korisnici ukazuju na značajne didaktičke i tehničke prednosti Arduino platforme za učenje (Giacomassi Luciano, Altoé Fusinato, Carvalhais Gomes, Luciano, Takai, 2019; Meštrovic, Šafran, 2019; Pintarić, 2017; Ptičar, Marić 2019; Radlovački, 2017; Svedružić, Ptičar, 2017; Zieris, Gerstberger, Müller, 2015) u literaturi postoji relativno malo znanstvenih istraživanja koja potvrđuju navedeno. Pretpostavlja se da je razloga više, prvo, riječ je o recentnoj tehnici koja je zasad još uvijek predmet interesa tehničkih i obrazovnih entuzijasta, drugo, ne treba zanemariti negativnog stava korisnika prema novoj tehnologiji (Hassan, Geys, 2016) zbog kojeg se u pravilu ne koristi što pak smanjuje bazu korisnika čija iskustva mogu biti predmet istraživanja, i treće, trenutno je u znanstvenoj literaturi veći interes za omasovljene računalne alate koji su dostupniji i sveprisutniji u organiziranom procesu učenja u školi. Ipak, provedena istraživanja didaktičke evaluacije platforme Arduino pokazuju njezin konstruktivistički kapacitet. Tako Giacomassi Luciano i dr. (2019) provode istraživanje s ciljem provjere utjecaja korištenja robotike kroz konstruktivistički pristup, dakle i platforme Arduino, između ostalog, na povezivanje sa suvremenom tehnologijom i uvođenje novih praksi u razrede budućih učitelja fizike. Istraživanje je pokazalo da primjena platforme Arduino kroz program robotike potpomognuta konstruktivističkim učenjem, smatraju učitelji uključeni u istraživanje, izvrsna platforma za aktivno učenje i temelj za učenja ostalih prirodnih i tehničkih znanosti. Korist od rada s Arduinom potkrepljuju činjenicom da fizika posjeduje neograničene mogućnosti povezivanja teorijskih sadržaja i konkretnih pojava, a uloga platforme je u tom smislu medijatorska. Mnogi istraživači idu korak dalje te vrednuju ITS (eng. *Intelligent Tutoring System*) sustave za pomoć pri učenju s platformom Arduinom bez izravnog vođenja učitelja (Albatish, Mosa, Abu-Naser, 2018). Cilj takve tehnologije je olakšavanje učenja na zabavan i učinkovit način, a evaluacija sustava na samoj platformi pokazuje da se prilagođava individualnom razlikama, sposobnostima i vještinama

učenika te da štedi troškove, vrijeme i uloženi trud. Sličan sustav za simulaciju rada na Arduino platformi uvode Zorica i dr. (2016) na odjelu za stručne studije Sveučilišta u Splitu kao bi otklonili poteškoće oko procesa i prostora izvođenja nastave koje se javljaju u realnom laboratoriju. Zbog toga rad na platformi Arduino organiziraju u virtualnom laboratoriju koristeći besplatni program *123D Circuits* koji simulira rad na stvarnoj platformi. Simulator omogućava da se prije praktične realizacije sklopa dizajnira i analizira njegov rad. U navedenom radu uz tehničke aspekte rada na simulatoru opisane su tehnološke i didaktičke prednosti virtualno koncipirane platforme kao što je između ostalog: individualan pristup u skladu sa sposobnostima i interesima studenta, mogućnost grupnog rada, brojnost komponenti za virtualnu pločicu, programiranje identično kao na stvarnom sklopu i smanjivanje troškova uz povećanje sigurnosti. Nadalje, u istraživanju Sohn (2014) cilj je bio razvijanje i primjena računalnog programiranja korištenjem platforme Arduino. U tu svrhu razvijen je Arduino model, oblikovana je nastava i e-udžbenik. Rezultati istraživanja na učenicima 6-tog razreda osnovne škole pokazuju da rad s platformom Arduino ima poseban učinak na stav prema učenju, rješavanju problema, interes i zanesenost učenjem, te da ga je moguće uključiti u redovni osnovnoškolski kurikulum kao STEAM. U svakom slučaju kako je u ovom trenutku težište istraživačkog interesa okrenuto prema primjeni platforme Arduino na što ukazuju mnogi projekti u obrazovanju posljednjih godina posebno prirodnih znanosti (Galeriu, Edwards, Esper, 2014; Holz, Pusch, 2020; Önder F., Önder, E., Oğur, 2019; Simeão, Hahn, Hahn, 2016; Yubonmhat, Yubonmhat, Youngdee, Chinwong, Saowadee, 2019), a manje na evaluaciju kao platforme za učenje, svrha rada je provjera didaktičke i tehničke vrijednosti platforme Arduino. Opravdanost istraživanja dodatno potvrđuje kampanja *Instituta za razvoj i inovativnost mladih* u sklopu među korporativne (BBC, Microsoft i Samsung) inicijative *Make it Digital* s ciljem digitalne razvijenosti i pismenosti mladih u Hrvatskoj u kojoj je školama donirano više desetaka tisuća *Micro:bit-ova* (IRIM, 2018). Radi se o sklopu s mikroupravljačem koji je u mnogim tehničkim segmentima sličan Arduinu, ali se primjena, modularnost, dostupnost i univerzalna primjenjivost bitno razlikuju. *Micro:bit* se koristi za razvoj računalnog razmišljanja i vještina programiranja stoga je prilagođeniji učenicima u osnovnoj školi. Dovoljno je naglasiti da se takve platforme redovno koriste u nastavi Nordijskih zemalja (Bocconi, Chiocciariello, Earp, 2018; Carlborg, Tyrén, 2017) kao autoritetima u obrazovanju, a njihova jednostavnost, pristupačan način korištenja, mogućnost bežičnog spajanja i veliki broj senzora omogućuju njihovo korištenje u gotovo svim školskim predmetima.

Cilj

U prestižnom časopisu za znanstveno obrazovanje *Physics Education* koji objavljuje IOP (*Institute of Physics*) izdavaštvo u 2019. godini publicirano je gotovo trideset članaka ili deset posto ukupno publiciranih radova u kojima se koristi platforma Arduino kao podrška izradi prirodoznanstvenih projekata. Polazeći od činjenice o aktualnosti i sveprisutnosti Arduina u prirodoznanstvenom obrazovanju cilj ovog rada je vrednovanje didaktičke i tehničke komponente platforme Arduino. Isto tako, evaluacija ima za cilj provjeriti moguće razlike u percepciji didaktičke i tehničke vrijednosti platforme prema tome radi li se o: nastavnicima ili učiteljima, godinama staža provedenim u obrazovanju, nastavnom predmetu koji nastavnik i učitelj predaje te završenoj edukaciji o platformi Arduino.

Metoda

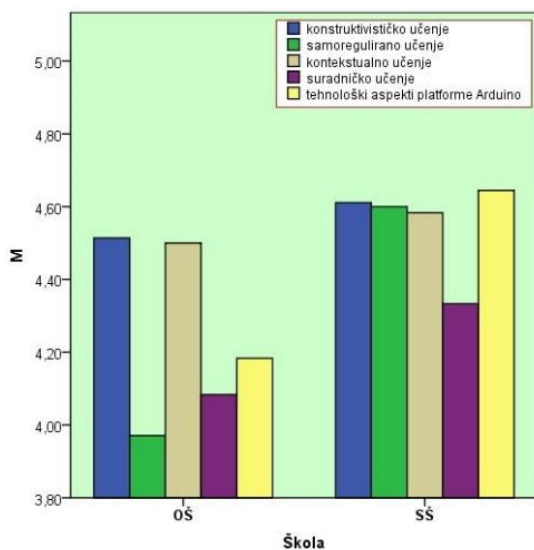
Budući da se u istraživanju proučava specifičan i suvremen edukacijski računalni alat za ostvarivanje cilja odabrana je metoda studije slučaja. Studija je strukturirana s jednim slučajem i dvije jedinice analize (Yin, 2008). Opravdanost primijenjene analize je činjenica opisana uvodno da odabrana računalna platforma predstavlja recentan, a time u ovom trenutku rijedak „slučaj“ odnosno računalni alat za učenje. Za jedinicu analize odabrana je grupa obrazovnih stručnjaka iz polja prirodnih i tehničkih znanosti i dvije osobe koje su stručni i znanstveni autoritet u radu s platformama koje koriste mikrokontroler za svoj rad. Smatramo da tako strukturirana studija i odabir jedinica za analizu ima snagu reprezentativnosti budući da je u žarištu interesa specifičan računalni alat za učenje. Isto tako valjanost studije postignuta je triangulacijom na razini metode s obzirom na to da se u istraživanju koriste dvije neovisne tehnike prikupljanja podataka i donekle u njihovoj analizi jer ih vrednuju oba autora studije. U istraživanju je sudjelovalo 40 učitelja (67%) i nastavnika (33%) fizike, informatike, tehničke kulture, računala i programiranja ili neke kombinacije navedenih predmeta od kojih su neki završili neki oblik edukacije o platformi Arduino (17%). Za drugu jedinicu analize odabran je jedan nastavnik programiranja i jedan učitelj fizike, profesori savjetnici s višegodišnjim iskustvom u nastavi i radu s platformom Arduino, a njihov autoritet dodatno potvrđuju učenički projekti na platformi koje objavljuju u stručnim publikacijama. Istraživanje je provedeno koncem 2019. godine na učiteljima Zagreba i Zagrebačke županije koji imaju iskustva u radu s platformom i koji su dobrovoljno

ispunili upitnik. Za potrebe istraživanja konstruiran je upitnik za čiju su konstrukciju korištene čestice iz literature (Matijević, Topolovčan, 2017) i čestice osmišljene od autora (upitnik je prikazan u dodatku). Dobiveni dvokomponentni upitnik čine varijable za vrednovanje didaktičkih i tehničkih elemenata računalnog alata. Didaktičke elemente čini 24 čestice koje vrednuju obilježja prirode ljudskog učenja, konstruktivističko, samoregulirano, kontekstualno i suradničko učenje dok tehničke elemente vrednovanja čini 15 čestica. Snaga i smjer procjene obilježja učenja računalnim alatom mjerena je Likertovom pet stupanjskom skalom s po dva stupnja slaganja i dva ne slaganja te neutralnim stavom prema tvrdnji. Čestice koje opisuju određenu sastavnicu stava nepravilno su raspoređene u upitniku. Upitnik je sastavljen pomoću alata Google forms i distribuiran je mrežno. Uz čestice upitnika prikupljene su ostale nezavisne varijable; predmet koji nastavnik proučava, godine rada u nastavi, završen oblik edukacije i radno mjesto u osnovnoj ili srednjoj školi. S obzirom na mali uzorak ispitanika nije provjerena faktorska struktura upitnika već su opisna analiza i usporedba grupa s obzirom na prikupljene nezavisne varijable načinjene na temelju pretpostavljenih koncepata obilježja učenja. Obrada kvantitativnih podataka provedena je programom IBM SPSS 21. S obzirom na relativno mali uzorak anketiranih nastavnika i učitelja korištene su neparametarske statističke tehnike za usporedbe grupa (Mann-Whitney U-test i Kruskal-Wallis H-test). Druga tehnika prikupljanja podataka bila je polustrukturirani intervju sa stručnjacima koji imaju iskustva u radu s Arduino platformom s ciljem uvida u konkretne informacije u radu s računalnim alatom. Pitanja u intervjuu su identična pitanjima iz anketnog upitnika (dodatak), a njihova sadržajna valjanost je provjerena od edukacijskih stručnjaka iz područja tehničke kulture i informatike koji nisu istraživači u ovome radu. Polustrukturirani intervju se sastojao od 39 pitanja, a odgovore je nakon usmenog pristanka ispitanika, zapisivao jedan od autora rada. Prema osmišljenom protokolu s pitanjima vezanim uz didaktičke i tehničke vrijednosti platforme Arduino intervju je proveden na radnom mjestu ispitanika i trajao je pola sata. Podatke dobivene intervjuom autori analiziraju s obzirom na sadržaj. Dobiveni rezultati ovom studijom ograničeni su na mišljenje nastavnika i učitelja koji su dobrovoljno sudjelovali u intervjuu i koji imaju iskustva u radu s opisanim računalnim alatom.

Rezultati i rasprava

U ovoj studiji slučaja rezultati su prikazani s obzirom na dva tipa analize računalne platforme Arduino. U prvoj analizi opisani su kvantitativni podaci dobiveni

anketnim upitnikom, a u drugoj kvalitativni podaci dobiveni intervjuom. Opisna analiza podataka provedena je za didaktičku i tehničku sastavnicu platforme. Kako je svrha rada prije svega utvrditi mogućnosti računalne platforme s naglaskom na učenika i učenje posebno će se analizirati didaktičke sastavnice učenja. Dobiveni rezultati pokazat će se u zavisnosti o ostalim nezavisnim varijablama prikupljenim prilikom mjerenjem. Tako je opisna analiza pokazala da je aritmetička sredina kao mjera centralne tendencije u zavisnosti o vrsti škole na kojoj je učitelj zaposlen na svim komponentama vrednovanja visoka (>4) (slika 1), a njena ukupna vrijednost za didaktičku i tehničku komponentu na cijelom uzorku pozitivna ($M=4,28$, $SD=0,47$).



Slika 1. Procjene učitelja i nastavnika tehničke i didaktičkih sastavnica vrednovanja platforme Arduino.

Drugim riječima, učitelji i nastavnici relativno visoko procjenjuju didaktičku i tehničku vrijednost platforme što neznatno zavisno rade li u osnovnoj ili srednjoj školi. Ipak, grafički prikaz pokazuje da nastavnici nešto pozitivnije procjenjuju didaktičku i tehničku sastavnicu zbog čega su učitelji i nastavnici uspoređeni. Za utvrđivanje razlika između nezavisnih grupa korištena je neparametrijska tehnika usporedbe medijana. Mann-Whitneyjevim U-testom pokazalo se da ne postoji razlika u procjeni nastavnika i učitelja kad su u pitanju didaktički element vrednovanja platforme (tablica 1). Međutim, usporedi li se pojedinačno didaktičke sastavnice vrednovanja pokazuje se da postoje značajne razlike između nastavnika i učitelja u pogledu samoregulacije učenja korištenjem Arduino platforme ($U=27,5$; $z=-2,31$; $p=0,021$; $Coh.r.=0,39$). Učitelji znatno niže procjenjuju mogućnost platforme kad je u pitanju samostalno upravljanje učenjem. Dobiveni rezultat je donekle očekivan s obzirom na

dob učenika osnovne škole, koji bez obzira na pristupačnost i druge oblike pomoći u samoučenju kao što su priručnici ili upute na mreži, još uvijek u potpunosti nemaju razvijene tehnike za samoučenje i sintezu podatkovnog znanja. Međutim, dobiveni nalaz može biti povezan s ostalim čimbenicima, među kojima je obrazovanje učitelja i nastavnika. U smislu individualnog rad s platformom na osnovnoškolskoj razini ispitanici smatraju da platforma ima nešto niži potencijal pa vjerujemo da se kao bolja alternativa nameće platforma *Micro:bit*.

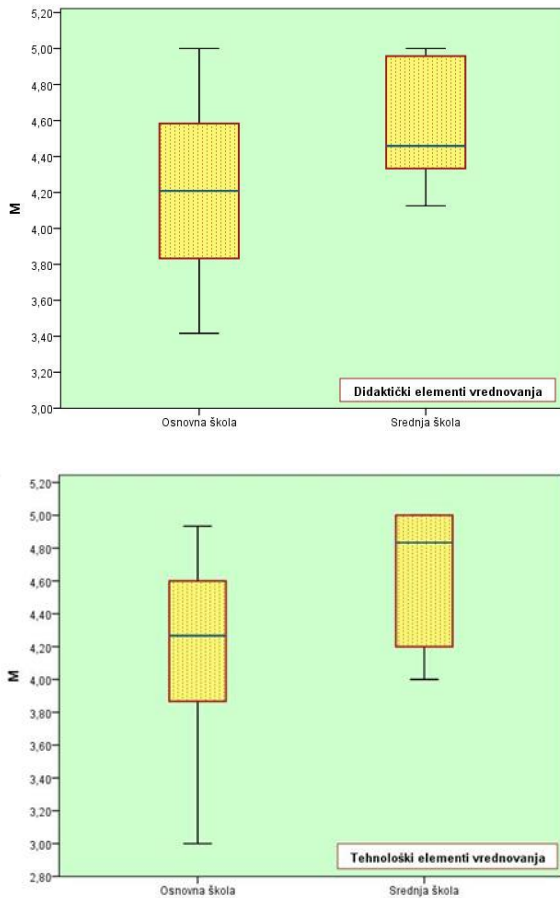
Elementi vrednovanja	Grupa	Md	Mann-Whitney U-test			Coh. r
			U	z	p	
Didaktički	OŠ	4,29	49,5	-1,17	0,243	-
	SŠ	4,38				
Tehnološki	OŠ	4,27	32,1	-2,08	0,038*	0,38
	SŠ	4,83				
Edukacija						
Didaktički	Da	4,21	78	-0,47	0,638	-
	Ne	4,35				
Tehnološki	Da	4,17	69	-0,89	0,372	-
	Ne	4,43				
Elementi vrednovanja	Stož	Md	Kruskal-Wallis H-test			Coh. r
			χ^2	df	p	
Didaktički	<6	4,88	4,96	2	0,084	-
	<11	4,06				
	<16	4,33				
	<6	4,61				
Tehnološki	<6	4,61	2,78	2	0,249	-
	<11	4,47				
	<16	4,01				
	<6	4,01				
Predmet						
Didaktički	Fizika	4,11	5,27	4	0,261	-
	Informatika	4,19				
	Mikroupravljači	4,46				
	Tehnička kultura	4,88				
	Tehnička kultura	4,46				
Tehnološki	Fizika	4	6,74	4	0,151	-
	Informatika	4,33				
	Mikroupravljači	4,87				
	Tehnička kultura	4,61				
	Tehnička kultura	4,3				

Napomena. Md-median; U-Mann-Whitney-ev koeficijent; z-standardizirane vrijednosti varijable; p-statistička značajnost; Coh. r-Cohen-ov kriterij utjecaja (1); χ^2 -hi-kvadrat pokazatelj; df-stupnjevi slobode. * statistički značajno na razini $p<0,05$.

Tablica 1. Razlike u procjeni didaktičkih i tehničkih elemenata vrednovanja platforme Arduino s obzirom na vrstu škole, dodatnu edukaciju, godine rada u obrazovanju i predmetu koji se podučava.

S obzirom na jednostavnost u korištenju platforme *Micro:bit* (BBC, 2018) u budućim istraživanjima valjalo bi usporediti platforme s obzirom mogućnosti u pružanju podrške za samostalno učenje. U pogledu tehničkog elementa vrednovanja alata utvrđeno je da nastavnici značajno pozitivnije procjenjuju tehnička obilježja platforme (tablica 1). Kako su uspoređene relativno male grupe učitelja i nastavnika ovakav nalaz treba uzeti sa zadržkom iako postoji pretpostavka za dobiveni rezultat. Naime, dio nastavnika koji je anketiran upitnikom su nastavnici programiranja i stručnih predmeta za koje smatramo da su im puno bliže tehničke mogućnosti platforme za razliku od učitelja u osnovnoj školi jer u svom nastavnom radu koriste mnogo više tehničkih mogućnosti platforme. Za bolji uvid u razlike u didaktičkoj i tehničkoj procjeni

platforme s obzirom na razinu obrazovanja na slici 2 su prikazani B-P dijagrami.

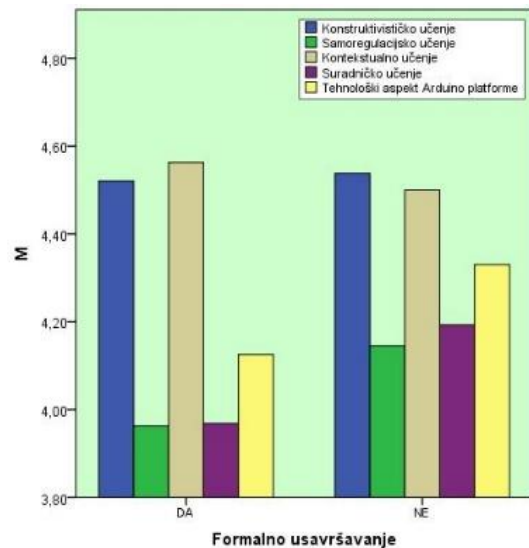


Slika 2. B-P dijagram procjene tehničke i didaktičkih sastavnica vrednovanja platforme Arduino učitelja i nastavnika.

Iako interkvartilni raspon za oba mjerena aspekta vrednovanja uglavnom ne zavisi radi li se o nastavniku ili učitelju položaj donjeg kvartila pokazuje da nastavnici u srednjoj školi gotovo u potpunosti pozitivno procjenjuju didaktički i tehnički element platforme. S druge strane za učitelje je očigledan značajno veći raspon varijacije na što upućuju zabilježeni najveći i najmanji rezultat mjerenja. Ovime se još jednom pokazuje da učitelji nešto manje pozitivno i s većom varijacijom procjenjuju mogućnosti prije svega samoregularnog i suradničkog učenja kao i tehničke aspekte platforme u usporedbi s nastavnicima.

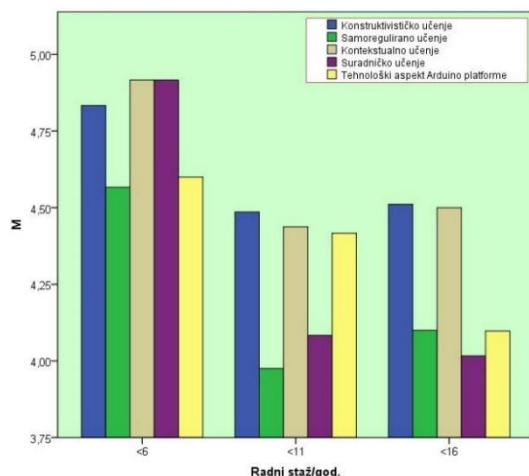
Analiza didaktičkih i tehničkih aspekata evaluacije platforme provedena je prema tome jesu li nastavnici i učitelji završili neki oblik edukacije o platformi Arduino. Rezultati prikazani na slici 3 i tablici 1 pokazuju da ne postoje značajne razlike u procjeni elemenata vrednovanja uz zabilježene niže aritmetičke sredine za nastavnike i učitelje sa završenom edukacijom. Takav nalaz ukazuje da nastavnici i učitelji s dodatnim obrazovanjem opreznije

iskazuju pozitivan stav prema platformi jer su smatraju informiraniji kako o dobrim tako i manje dobrim stranama rad na takvom tipu računalnog alata. Zanimljivo je da jedino na elementu kontekstualnog učenja dobivena veća vrijednost aritmetičke sredine ako nastavnik ima dodatno obrazovanje. Očigledno se dodatnim usavršavanjem u radu s platformom uviđaju prednost u povezivanju realnih problema s funkcionalnim mogućnostima platforme.

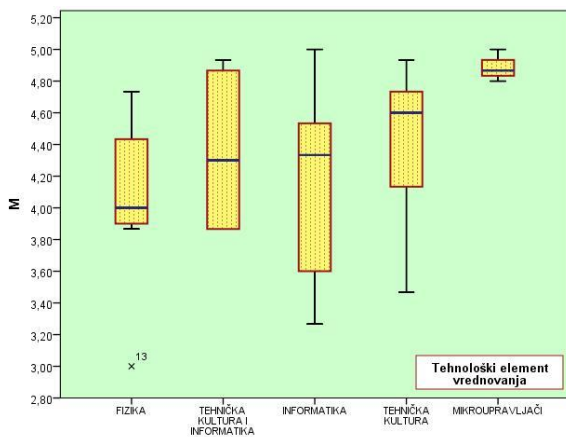
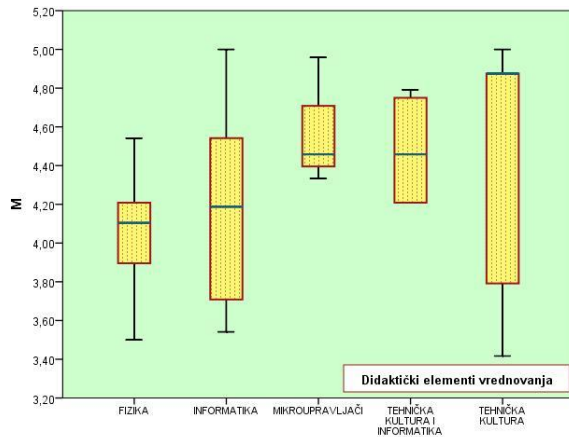


Slika 3. Procjene tehničke i didaktičkih sastavnica vrednovanja platforme Arduino prema završenom obliku edukacije.

U pogledu vrednovanja računalne platforme s obzirom na radni staž pokazuje se da učitelji i nastavnici s manjim radnim stažem pozitivnije procjenjuju didaktičku i tehničku sastavnicu vrednovanja što je prikazano na slici 4.



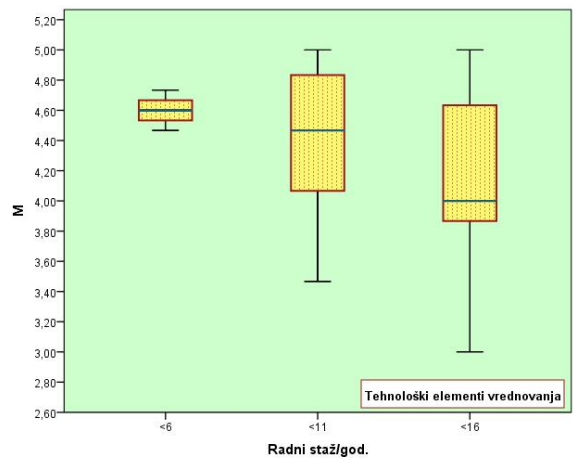
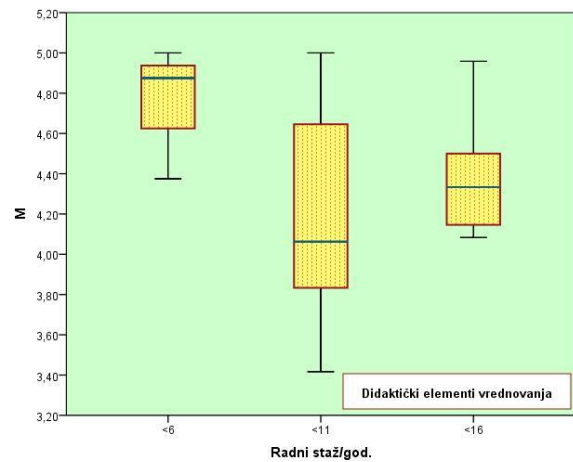
Slika 4. Procjene tehničke i didaktičkih sastavnica vrednovanja platforme Arduino s obzirom na radni staž.



Slika 5. B-P dijagram procjene tehničke i didaktičkih sastavnica vrednovanja platforme Arduino prema godinama rada u obrazovanju.

Kruskal-Wallisovim H-testom utvrđeno je da ne postoje značajne razlike u procjeni didaktičke i tehničke sastavnice vrednovanja platforme s obzirom na dužinu rada u nastavi (tablica 1). Međutim, vrijednost hi-kvadrat pokazatelja, prikazan u tablici 1, relativno je visok za didaktičku komponentu vrednovanja pa se može očekivati da bi na većem uzorku razlika između grupa bila statistički značajna. Navedeni nalaz dodatno potkrepljuje B-P dijagram u kojem se vidi razlika u visini medijana i rasponu varijacije rezultata koji idu u prilog zaključku da nastavnici i učitelji s manje radnog staža pozitivnije procjenjuju didaktičke mogućnosti platforme uz manje raspršenje rezultata na što upućuje manji interkvartilni raspon posebno na tehničkoj sastavnici (slika 5). Zasebnom analizom za didaktički aspekt vrednovanja pokazuje se da postoji značajna razlika na sastavnici suradničko učenje u zavisnosti o godinama radnog staža ($\chi^2=6,038$; $df=2$, $p=0,049$) zbog čega su grupe naknadno uspoređene Mann-Whitneyjevim U-testom. Uspoređene su grupe s najmanje (<6) i najviše (>12) godina radnoga staža te je ustanovljeno da se grupe statistički značajno razlikuju ($p=0,017$) s umjerenom jačinom veze (Coh.r.=0,43) (Cohen, 1988). Očigledno nastavnici i učitelji s više iskustva u nastavi

smatraju da rad na platformi podržava suradničko učenje ($Md=4,13$), ali ne u tolikoj mjeri kao učitelji na početku karijere ($Md=5$). Naime, za rad s ostalim učenicima i njihovu timsku suradnju u radu s platformom Arduino vrijede ista pravila kao za svaki oblik rada u grupi, a to su planiranje, jasno definiranje zadataka i ograničenja u veličini i sastavu grupe. U protivnom suradničko učenje na platformi nije posve ostvarivo zbog narušenja grupne dinamike koja se odnosi na zbivanja i promjene u odnosima članova grupe pa je mrežna suradnja bolja alternativa za ostvarivanje suradničkog aspekta učenja kad se radi na platformi Arduino.



Slika 6. B-P dijagram procjene tehničke i didaktičkih sastavnica vrednovanja platforme Arduino s obzirom na predmet koji se podučava.

Nadalje, uspoređeni su rezultati vrednovanja platforme prema nastavnom predmetu nastavnika ili učitelja koji pokazuju da ne postoje razlike u procjeni didaktičkih i tehničkih elemenata evaluacije platforme (tablica 1). Učitelji i nastavnici svih predmeta smatraju da rad i učenje putem platforme uglavnom ispunjava sve tehničke ($Md=4,43$) i didaktičke elemente učenja

(Md=4,32). U tom smislu učitelji fizike nešto niže procjenjuju didaktičke komponente vrednovanja u odnosu na učitelje tehničke kulture koji ih procjenjuju nešto više. Ovakav rezultat vjerojatno je posljedica formalno složenijih sadržaja koji se razmatraju u fizici zbog kojih su učitelji fizike manje skloni vjerovati da platforma omogućuje posebno samoregulirano i suradničko učenje. Rezultati su dodatno prikazani B-P dijagramom na slici 6.

U okviru ovog istraživanja uz opisane kvalitativne podatke u nastavku se prikazuju rezultati intervjua sa stručnjacima koji imaju značajno iskustvo u obrazovnom radu s platformom i spoznaje o tehničkim aspektima platforme. U pogledu ostvarivanja konstruktivističkog načina učenja u radu na platformi Arduino intervjuirani učitelj ukazuje da platforma potiče aktivno učenje; „U rad s Arduinom smatram da učenik zaista aktivno uči što je korak prema samostalnom učenju, a smatram da je takvo samostalno učenje najbolje učenje. U radu s Arduinom učenik aktivno istražuje, primjenjuje znanja u realnom okruženju pa shvaća značenje onoga što uči.“, istraživanje s pokusom „Točno, istražuje, a platforma i podrška uz platformu omogućuje mu da to radi samostalno što je izvrstan način za učenje s razumijevanjem.“, „Vrlo je jednostavno i ne košta puno ako se s Arduinom npr. konstruira voltmetar koji se može iskoristiti za nastavu fizike ili nekog sličnog predmeta. Svaki rad s Arduinom je pokus jer sadrži sve njegove elemente od opažanja što se zbiva, utvrđivanja kako se zbiva i traženja veze između pojava i varijabli.“ i rješavanjem problema „Svakako. Rad s Arduinom je rješavanje problema, međutim, potrebna je činjenična baza kao bi se uopće moglo rješavati probleme, smatram da to vrijedi za bilo koje područje. Inače, rad s Arduinom zahtjeva znanja iz različitih područja od informatike, elektrotehnike, fizike i matematike, tako da je problema koji se u radu nameću mnogo.“

Što se tiče izrade i dizajna novih materijala učitelji smatraju da je platforma upravo dizajnirana s ciljem nadogradnje i realizacije novih ideja, „Slažem se, rad s Arduinom naprosto nameće propitivanje i rješavanje problema iz kojih onda često dolaze i nove ideje ili jednostavno poboljšanja postojećih rješenja. Tako smo jednom prilikom s učenicima mjereći daljinu senzorom udaljenosti zbog nedefiniranog signala prolaskom IC valova kroz plastični medij morali osmisliti način kako stabilizirati signal ili osmisliti drugi način pouzdanog mjerenja udaljenosti. Mislim da je za kreiranje novih autentičnih ideja ipak nužno iskustvo u radu s platformom.“, „Suština rad je modifikacija i dodavanje novih funkcija koje odrađuje Arduino.“

Druga vrijednost platforme je ispunjena ako omogućuje učeniku da upravlja svojim učenjem

odnosno da samostalno istražuje i uči. U tom smislu intervjuirani učitelji smatraju da platforma omogućuje individualizaciju rada „Točno. Učenik može izabrati projekt koji je njemu interesantan, prilagođen njegovom znanju, težini izvedbe, mogućnosti primjene pa time i organizaciji učenja. Smatram da je takvo samoučenje u kojem učenik aktivno upravlja onim što uči najbolje osposobljavanje za učenje u budućnosti.“

Što se pak tiče učenja bez pomoći učitelja ispitanici smatraju da nije potpuno ostvarivo već je moguće samo za napredne učenike „Što se tiče pisanje programskog kôda, na samom početku pomoć učitelja je potrebna, a učenici mogu raditi s gotovim kôdovima ili raditi njihove modifikacije. Vrlo brzo oni shvate osnove principe pa pisanje programa ne predstavlja problem. Iskustvo učitelja od velike je pomoći kad se naiđe na problem, tako da mislim da je barem za uvod u rad s Arduinom nužna podrška učitelja. Što se pak tiče realizacije onoga što se želi određivati, ako se radi o mjerenju nekog fizičkog svojstva, tada je pomoć učitelja jednako važna budući da taj aspekt rada zahtijeva mnoga znanja iz prirodnog i tehničkog područja.“, „Smatram da učenik koji odradi jedan projekt uz vođenje nastavnika već sljedeći projekt može odraditi posve samostalno. Na mreži postoji baza projekata i komentara koji su odlična pomoć kad dođe do problema. Inače, kako što sam naglasio samoorganizacija je važna za učenje.“ Nadalje, način što sadržajno i na koji način istraživati učitelji opisuju sljedećim izjavama: „Za Arduino postoji golema baza projekata tako da svaki učenik može samostalno odlučiti što će istraživati, a s obzirom na mnoge mogućnosti koje pruža platforma svaki učenik može raditi na svojem vlastitom projektu.“, „Mogućnosti su bezbrojne. Mene osobno interesira senzorska i laboratorijska podrška što prenosim na svoje učenike doduše još uvijek samo na one napredne. Ali osim toga učenici mogu sami odabrati što ih zanima od zvučnih i audio projekata, raznih letećih objekata, gadgetsa, igara, igračkica, instalacija, svjetlosti i led-a, motora i robota, monitora i već spomenutih senzora za mjerenje raznih varijabli iz okoliša pa čak i zdravlja.“, „Potpuno se slažem. Uz podršku internetske stranice Project Hub jednostavno je birati sadržaje koji su učenicima zanimljivi i težinu zadataka. Na toj web stranici projekti su razvrstani prema tipu sadržaja i težini projekta, od jednostavnih do složenijih projekata.“

Omogućuje li platforma prilagodbu i težinu zadataka i aktivnosti te je li moguće raditi postupno uz mogućnost prelaska na višu razinu opisuju izjavama: „Aktivnosti je mnogo, samo na stranici Arduino Project Hub postoji baza od gotovo nekoliko tisuća projekata, a vjerojatno je još toliko na mreži.“, „Slažem se. S Arduinom se radi u etapama. Ako se želi odrediti na primjer neko fizičko svojstvo prvi korak je konstrukcija

i uparivanje mikrokontrolera sa senzorom, drugi unos programskog kôda, treći mjerenje fizičkog obilježja i četvrto vrednovanje dobivenih rezultata. Prema potrebi moguće se vratiti na neki od koraka npr. modificirati već napisani kôd. Za obradu podataka važna su znanja iz matematike i informatike kako bi se dobiveni podaci ispravno prezentirali. Ovo je samo osnovna podjela prema etapama rada, a svaka etapa zasebno zahtjeva rad u koracima.“, „Što se tiče Arduino smatram da nije moguće preskakanje određenih radnji. Pretpostavljam da se to odnosi na edukacijske software. Rad s Arduino je složeniji i čini ga više razina radnji koje su povezane u jednu jedinstvenu cjelinu tako da preskakanje razina nema smisla.“, „Literature o Arduino je sve više. Na webu se besplatno objavljuju projekti koji opisuju sve dijelove projekta od uputa o potrebnoj opremi, aplikacijama i online usluzi, sadržaju samog projekta, računu, savjetima, komentarima, shemama i kôdu.“

Prirodne znanosti proučavaju temeljne zakonitosti u stvarnom okruženju, a tehničke ih realiziraju u realne proizvode. Zbog toga se ne mogu konstruirati isključivo logičkim promišljanjem bez upotrebe i primjene na stvarne situacije. Samo eksperiment i stvarna situacija može pokazati kako se priroda ili proizvod doista ponaša (Krsnik, 2008). Štoviše, smjernice programa PISA ističu između ostalog važnost rješavanja znanstvenih problema u svakodnevnim životnim situacijama (OECD, 2000). U tom smislu provjereno je stajalište ispitanika o mogućnosti kontekstualnog učenja korištenjem platforme Arduino. U pogledu povezivanja sa stvarnim situacijama i simuliranjem realnih problema učitelji ističu: „Prednosti korištenja Arduino tehnologije su razne, ali možda najvažnija je povezivanje projekata sa stvarnim životom. To motivira učenike i pružamo im uvid u uređaj koji će moći samostalno koristiti u svakodnevnom životu.“ i „Arduino platforma je osmišljena između ostalog da jednostavno obrađuje signale iz okoline koristeći razne senzore. Dakle, sve što se radi s Arduinom je realno mjerenje varijabli iz okoline ako se radi na primjer o projektima mjerenja fizičkih varijabli.“

U pogledu mogućnosti rješavanja stvarnih problema i zornog prikazivanja dobivenih mjerenja ukazuju na sljedeće: „Povezivanje sa stvarnim životom najbolji je motiv za rad s Arduino. Više puta tijekom razgovora naglašeno je da platforma Arduino i je kreirana da na što jednostavniji i pristupačniji način poveže sadržaje iz programiranja, elektronike i ostalih prirodoslovnih područja i matematike sa stvarnim okruženjem u kojem živimo.“ i „Rezultate mjerenja moguće je prebaciti u bilo koju drugu aplikaciju za prikazivanje izmjerenih podataka kao što je MS Excel ili Origin ukoliko je podatke potrebno prikazati grafički.“

Netradicionalnu nastavu određuju metode koje omogućuju aktivnost i komunikaciju učenika u manjim skupinama kroz interdisciplinarni kontekst (Jakopović, 2015). U tom pogledu zanimljivo je pogledati u kojoj mjeri platforma Arduino omogućuje suradničko učenje. Didaktička vrijednost platforme bit će veća ako se sadržaji i aktivnosti moguće realizirati u mrežnom obliku: „Arduino je zamišljen kao platforma otvorenog tipa što znači da je dozvoljeno i da se potiče dijeljenje podataka o platformi, softverskih komponenti i programskog kôda. Uz otvaranje korisničkog računa na Arduino stranici projekte je moguće dijeliti sa zajednicom.“ i ako je potiče suradničko učenje kroz rasprave na forumima „Odlična stvar su komentari i pitanja koje se ostavljaju na forumima. Na njima se ukazuje na probleme i moguće modifikacije projekata koji su vrlo korisna stvar za buduće korisnike kojim se tako bitno olakšava rad. Prije rada na odabranom projektu uvijek pročitam komentare.“

Što se tiče mogućnosti timskog rada s ostalim učenicima i njihove suradnje kroz bilo koji oblik komunikacije učitelji smatraju: „Suradnja između učenika potičem jer je izvrsna za ovaj tip učenja kroz interdisciplinarnu projekte. Takav oblik rada učenicima omogućuje razmjenu znanja i iskustava što je neophodno za složene projekte koji zahtijevaju brojna druga znanja. Pritom se povezivanje i rad s ostalima odnosi i na online komunikaciju. Ipak, u suradnji s drugim učenicima događa se da ne daju svi učenici jednak doprinos u radu, zbog tog je ako se radi grupni rad potrebno unaprijed formirati funkcionalnije grupe, a pripremiti da bude timski.“, „Suradnja s učenicima pomaže u aktiviranju i motiviranju učenika. Problemske situacije pogodne su za komunikaciju i suradništvo unutar grupe. U svom radu s učenicima često izvodim projektnu nastavu u obliku grupnog rada s time da grupe najčešće čine dva do maksimalno tri člana kako se ne bi narušila autonomija. Nisu svi učenici za grupni oblik rada. Uvijek postoji mogućnost suradnje putem foruma i drugih oblika online komunikacije.“

Preduvjet za ostvarivanje didaktičke vrijednosti platforme Arduino determiniraju njezina tehnička obilježja. Stoga su učiteljima u intervjuu postavljena pitanja o tehničkoj strani računalnog proizvoda, a odgovori su prikazani u nastavku.

Arduino platforma nema visoku cijenu. „Ne znam što znači visoka cijena!? Ono što znam da je u Hrvatskoj cijena barem 8 do 10 puta viša nego ako naručuješ iz Kine. Toliko sam plaćao i prije 15 godina. U svakom slučaju mislim da je to prihvatljiva cijena. Inače, ove Kineske pločice kvalitetne su kao i originalne. Ako kupuješ online npr. ebay-om, ne znam je li tako moguća kupnja preko škole.“

Za Arduino postoji baza projekata na mreži. „Da. Imaš više baza, s primjerima primjene. Uvijek kad nešto radim provjerim jel' postoji već neki sličan projekt u bazi. Odlična baza projekata je Arduino Project Hub na kojoj su projekti razvrstani po kategorijama, pa se može birati vrsta prema području znanosti. Na primjer postoje projekti vezani uz fizička mjerenja koji uključuju razne senzore, zatim projekti s LE diodama, svjetlosti, projekti sa zvukom, razni gadgeti, igre, a mogu se razvrstavati i prema zahtjevnosti izvedbe. Odlično je to što za svaki projekt postoji popis komponenti koje treba imati i jako bitno, kôd. Na kraju postoje i komentari koji ti pomažu u slučaju da nešto ne radi kako treba.“

Arduino platforma posjeduje veliki broj gotovih primjera za učenje. „Postoji mnogo projekata koje učenici koriste za učenje i dostupni su na mreži, ali oni su prilagođen učenicima u srednjoj školi. Zahtijevaju puno više raznih znanja... iz informatike i programiranja, mikroupravljača i ostalih predmeta tako da nisu prilagođeni za učenike u osnovnoj školi. Arduino od učenika naprosto zahtjeva da uče aktivno. Tako da mislim da je svaki primjer koji je dostupan na internetu ujedno i primjer za učenje.“

Prikaz spajanja Arduina i ostalih elektroničkih elemenata moguće je prikazati shemom. „Moguće je. Postoji program Fritzing na internetu, i može se besplatno "skinuti". Uvijek ga koristim kad crtam sheme s Arduinom i ostalim elektroničkim elementima. Jedino moraš crtati i kreirati neke komponente koje ne postoje u bazi npr. LED displej, IR prijemnici ili neke novije komponente.“

Arduino je pristupačan i jednostavno ga je nabaviti. „Točno. Možeš ga kupiti u Chipoteci i dućanima s elektroničkom opremom. Moguće ga je nabaviti i online. Postoji i platforma CROduino, ista stvar kao Arduino samo ga tako zovu jer je razvijena u Hrvatskoj. Arduino je najčešće korištena platforma, ali postoje mnoge druge platforme koje rade iste stvari. Danas je jako popularan BBC micro:bit-ov mikroupravljač posebno za učenike osnovne škole jer je jednostavniji za korištenje.“

Programsko sučelje za programiranje mikrokontrolera moguće je nadograditi. „Arduino programsko sučelje ima mogućnost nadogradnje za različite mikroupravljače („bord manager“). Time je izuzeto olakšana upotreba različitih mikroupravljača. „Ne moraš se zezati s instalacijom softwarea (kompajlera i softwarea za programiranje mikroupravljača).“

Arduino je moguće instalirati na ostale uređaje (npr. pametni telefon i tablet). „Nisam to radio, nije praktično. Kako programirati na mobilnom telefonu!? Na Linux i Mac možeš programirati. Inače se može upravljati s mobilnog telefona preko Bluetooth-a,

preko XBee-a ili WiFi-a. Za upravljanje na veće udaljenosti moguće je Arduino povezati na Internet i tada je moguće upravljati od bilo kuda.“

Arduino ima mogućnost kreiranja vlastitih sadržaja (mjerenja, slika, dokumenata). „Točno. Platformu je moguće povezati s drugim programskim alatima na primjer s Matlab-om.“

Arduino platformu je moguće instalirati na različite operativne sustave. „Moguće. Arduino ima slabu procesnu moć...sporo računa, ali više mogućnosti od računala jer može spajati senzore, ima podršku periferije npr. sabirnicu I²C, A/D converter.“

Arduino ima mogućnost mrežnog funkcioniranja. „Ovisno o vrsti mikroupravljača. Obični Arduino Uno nema integrirani mrežni hardware pa je potrebno na njega spojiti neki WiFi, Ethernet ili GSM-gprs modul. Neki mikroupravljači imaju integrirani WiFi/Ethernet pa nije potrebno koristiti dodatne module za mrežno povezivanje.“

Arduino posjeduje priručnik za rukovanje. „Resursi postoje na internetu, ali su uglavnom na engleskom jeziku.“

Arduino je jednostavan za rukovanje. „Nije posve. Trebaš znati programski jezik C+. Kreatori Arduina su napravili gotove funkcije i biblioteke pa su pojednostavnili stvar. Gotovo sučelje i primjeri dobri za početnike.“, „Ovisno što se želi napraviti s Arduinom. Postoje puno gotovih biblioteka za rad s različitim sensorima i komponentama koje olakšavaju rad. No, ako biblioteka ne postoji ili ne zadovoljava zahtjeve projekta potrebno je više znanja i vremena.“

Dizajn i organizacija programskog sučelja je primjereno oblikovana. „IDE sučelje se razvija. Jako su korisne opcije za upravljanje bibliotekama i procesorima/pločicama.“

Arduino omogućuje jednostavno upravljanje. „Za većinu standardnih komponenti postoje gotove biblioteke i primjeri koje omogućavaju brzu i jednostavnu upotrebu istih.“

Rad s Arduinom je interaktivan. „Naravno, osim standardne interakcije koju imamo s računalima (miš, tastatura, ekran), Arduino projekti često sadrže razne lampice, motore, displeje i senzore koje standardna PC računala nemaju.“

Zaključak

U ovom radu pojam vrednovanja ili evaluacije koristi se u smislu utvrđivanja didaktičke i tehničke vrijednosti Arduino platforme koristeći kriterije za didaktičku evaluaciju računalnog softvera kako ih

definiraju Matijević i Topolovčan (2017). Premda u literaturi postoje istraživanja koja vrednuju razne oblike računalnih alat poput interaktivne multimedije (Yeo, Loss, Zadnik, Harrison, Treagust, 2004), JAVA appleta (Poljak, 2011), Moodle i xTex-Sys sustava za e-učenje (Tomaš, 2015), vrlo je malo istraživanja koji vrednuju sustave za algoritamsko razmišljanje i programiranje fizičkih objekata kao što je Arduino ili Micro:bit. Prikazani rad pokušaj je vrednovanja recentne računalne platforma od strane obrazovnih stručnjaka STEM područja koji imaju iskustva u radu s Arduino platformom. S obzirom na to da je za metodu istraživanja odabrana studija slučaja u zaključnim napomenama autori nemaju namjeru uopćavati dobivene kvantitativne rezultate prije svega zbog veličine uzorka i neistraženih metrijskih obilježja instrumenta s kojim je provedeno mjerenje. Međutim, namjera ovog rada nije metodološka perfekcija već uvid u didaktičke aspekte specifične tehnike koja kako se čini prema broju objavljenih znanstvenih radova u kojima se koristi kao tehnička podrška i dio sustava za mjerenje postaje bitan alat za učenje i povezivanje znanja u mnogim znanstvenim i tehničkim predmetima. Stoga, smatramo da će skroman doprinos prikazane evaluacije ukazati prije svega učiteljima praktičarima i kreatorima opisanog računalnog alata na didaktičke i tehničke mogućnosti alata s ciljem maksimalnog iskorištenja njenog obrazovnog kapaciteta i smjernica za moguća poboljšanja. Kako je uvodno naglašeno računalni alat čija je uloga obrazovna kako bi bio kvalitetno oblikovan mora omogućavati konstruktivističko, samoregulirano, individualizirano i kontekstualno učenje i tehničke mogućnosti za potpunu realizaciju učenja. U tom pogledu ukupno gledajući procjena platforme Arduino kao obrazovnog alata učitelja i nastavnika na oba promatrana kriterija je vrlo visoka kao i na svim sastavnicama didaktičkog vrednovanja. Osobito visoko učitelji i nastavnici procjenjuju kontekstualne i konstruktivističke mogućnosti učenja putem platforme, a nešto niže njezine mogućnosti prema samoreguliranom učenju. Ovakav rezultat podsjeća na nalaz Giacomassi Luciano i dr. (2019) koji kao i ovo istraživanje ukazuje na potencijal platforme kao računalnog alata za aktivno učenje i povezivanje znanja raznih disciplina u jedinstvenu cjelinu. Povezivanje sa stvarnim situacijama i rješavanje problema u realnom kontekstu bez obzira na nezavisne varijable koje određuju ispitanike pokazuje da učitelji i nastavnici osobito visoko procjenjuju interdisciplinarni karakter platforme. Usporedba kvantitativnih rezultata i odabranih nezavisnih varijabli pokazala je da ne postoje razlike u procjeni didaktičkih i tehničkih elemenata vrednovanja između učitelja i nastavnika, predmeta koji podučavaju, radnoga staža u obrazovanju ili potvrde o obrazovanju na platformi. Ovakav nalaz je ograničen bez obzira na

primijenjenu neparametrijsku statistiku prije svega zbog veličine i odabira uzorka ispitanika. S druge strane, rezultati dobiveni intervjuom potvrdili su kvantitativne podatke, a odgovori stručnjaka ukazuju na poželjne didaktičke i tehničke karakteristike platforme. Prvo, analiza odgovora dobivenih intervjuom ukazuje da platforma omogućuje konstruktivističko učenje što se potkrepljuje elementima usmjerenim na aktivno učenje prema samostanom učenju, učenje u realnom okruženju za bolje razumije sadržaj učenja, multidisciplinarnost, modifikaciju postojećih rješenja i dodavanje novih funkcija te traženje poveznice između pojava i varijabli. Drugo, rad s platformom omogućuje kontekstualno učenje na što upućuje veliki broj projekata koji su povezani sa svakodnevnim životom što pak potiče motivaciju i interes za istraživanje. Treće, Arduino platforma omogućuje suradničko učenje u smislu dijeljenja podataka o platformi, programskog kôda i softverskih komponenti putem forum i ostalih online komunikacijskih kanala što pogoduje motivaciji, suradnji, razmjeni ideja i poticanju istraživačkog duha kod učenika. Četvrto, vrijednost platforme očituje se u mogućnosti samoučenja što podržava golema baza projekata na mreži diferenciranih sadržajno i težinski uz opis potrebne opreme, aplikacija, sadržaja, savjeta, komentara, grafičkih i numeričkih prikaza te programskog kôda. Na kraju, preduvjet za ostvarivanje didaktičkih aspekata učenja je tehničko oblikovanje platforme za koje stručnjaci ističu sljedeće prednosti; niska cijena, baza projekata na mreži razvrstana po kategorijama, besplatna programska podrška i povezivanje s ostalim alatima, prilagođenost za većinu mikroupravljača, upravljivost na daljinu, podrška periferije za spajanje senzora, mrežno funkcioniranje, jednostavno sučelje, gotove funkcije i biblioteke na mreži, jednostavno upravljanje i interaktivnost. Prethodno prikazani zaključci ukazali su na didaktičku i tehničku vrijednost opisane platforme za koju vjerujemo da može poslužiti kao pomoć učiteljima i nastavnicima praktičarima u odabiru i realizaciji nastavnih scenarija s platformom Arduino. Ipak, opisano istraživanje ima i nedostataka prije svega, u već spomenutoj veličini uzorka, koji je mali, a za koji autori smatraju da je u trenutku provedbe istraživanja bio determiniran brojem učitelja i nastavnika koji imaju konkretnih iskustava u radu na platformi. Za buduća istraživanja kvantitativna mjerenja valja provesti na većem uzorku i razmotriti jesu li didaktički i tehnički kriteriji jedini kriteriji vrednovanja platforme. U tom smislu, nužno je provjeriti faktorsku strukturu upitnika, a potom i njegova metrijska obilježja kako bi dobiveni podaci bili valjani i pouzdani. U kvalitativno dijelu istraživanja u budućim istraživanjima nužno je uključiti veći broj kompetentnih stručnjaka te provesti kvalitativnu

analizu sadržaja intervjua. Nadalje, istraživanja uloge digitalnih medija i računalnih alata u nastavi pokazuju da oni nisu jedini i značajni čimbenik koji pridonosi kvaliteti postizanja željenih ishoda učenja već je to niz povezanih čimbenika (Topolovčan, Rajić, Matijević, 2017). Tako bi naredna istraživanjima trebala provjeriti kao oblici i vrste sadržaj, razina predznanja i sposobnost učenika, osposobljenost učitelja te učenikove subjektivne vrijednosti (motivacija, interes, važnost, korisnost i cijena truda) utječu na postizanje željenih ishoda učenja primjenom platforme Arduino u nastavi.

Literatura

- Albatish, I., Mosa, M.J., Abu-Naser, S.S. (2018). ARDUINO Tutor: An Intelligent Tutoring System for Training on ARDUINO. *International Journal of Engineering and Information Systems (IJEAIS)*, 2 (1), 236 – 245.
- Banzi, M., Shiloh, M. (2015). Getting started with Arduino (Third edition). Sebastopol, CA: MakerMedia. Preuzeto 22.01.2020. sa https://www.esc19.net/cms/lib011/TX01933775/Centricity/Domain/110/make_gettingstartedwith_arduino_3rdedition.pdf
- BBC (2018). BBC micro:bit shown to increase teacher confidence and student team work across the Western Balkans. Preuzeto 22.01.2020. sa <https://microbit.org/hr/research/>
- Bocconi, S., Chiocciariello, A., Earp, J. (2018). The Nordic approach to introducing Computational Thinking and programming in compulsory education. Report prepared for the Nordic@BETT2018 Steering Group. Preuzeto 22.01.2020. sa <https://www.itd.cnr.it/doc>
- Carlborg, N., Tyrén, M. (2017). Introducing micro: bit in Swedish primary schools. Chalmers University of Technology, Gothenburg. Preuzeto 22.01.2020. sa <http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/252630/252630.pdf>
- Cohen, J.A. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- El Mhouthi, A., Nasseh, A., Erradi, M. (2013). Development of a Tool for Quality Assessment of Digital Learning Resources. *International Journal of Computer Applications*, 64 (14), 27 – 31.
- Galeriu, C., Edwards, S., Esper, G. (2014). An Arduino Investigation of Simple Harmonic Motion. *The Physics Teacher*, 52 (3), 157 – 159.
- Giacomassi Luciano, A.P., Altoé Fusinato, P., Carvalhais Gomes, L., Luciano, A., Takai, H. (2019). The educational robotics and Arduino platform: constructionist learning strategies to the teaching of physics. *Journal of Physics: Conference Series*, 1286 (1), 1 – 10.
- Hassan, M., Geys, B. (2016). Expectations, realizations, and approval of tablet computers in an educational setting. *Journal of Educational Change*, 17(2), 171–190.
- Holz, C., Pusch, A. (2020). Do power banks deliver what they advertise? Measuring voltage, current, power, energy and charge of power banks with an Arduino. *Physics Education*, 55(2), 1 – 7.
- IRIM (2018). STEM revolucija – Croatian Makers. <<https://croatianmakers.hr/hr/stem-revolucija/>> Pristupljeno 22.01.2020.
- Jakopović, Ž. (2015). *Kurikulum i nastava fizike*. Zagreb: Školska knjiga.
- Krsnik, R. (2008). *Suvremene ideje u metodici nastave fizike*. Zagreb: Školska knjiga.
- Matijević, M., Topolovčan, T. (2017). *Multimedijska didaktika*. Zagreb: Školska knjiga.
- Matijević, M., Topolovčan, T., Rajić, V. (2017). Teacher Assessment Related to the Use of Digital Media and Constructivist Learning in Primary and Secondary Education. *Croatian Journal of Education*, 19 (2), 563 – 603.
- Meštrović, D., Šafran, M. (2019). Arduino i 3d printer u prirodoslovlju. U A. Smoljo (Ur.) *Program – 21. CARNetova korisnička konferencija CUC 2019*. Zagreb: Hrvatska akademska i istraživačka mreža – CARNet.
- OECD (2000). Programme for International Student Assessment. OECD Publications. Preuzeto 27.01.2020. sa <<https://www.oecd.org/pisa/>>
- Önder, F., Önder, E.B., Oğur, M. (2019). Determination of Diode Characteristics by Using Arduino. *The Physics Teacher*, 57 (4), 244 – 245.
- Pintarić, G. (2017). Upotreba mikrokontrolera u nastavi fizike. U I. Aviani (Ur.), *XIII. Hrvatski simpozij o nastavi fizike*. (str. 241–245). Zagreb: Hrvatsko fizikalno društvo.
- Poljak, N. (2011). Laboratorij za svakoga – JAVA applet. U P. Pećina (Ur.), *X. Hrvatski simpozij o nastavi fizike*. (str. 133–136). Zagreb: Hrvatsko fizikalno društvo.
- Ptičar, D., Marić, V. (2019). Izrada i upotreba digitalnog optičkog spektrometra u nastavi fizike u

- srednjoj školi. *Politehnika: Časopis za tehnički odgoj i obrazovanje*, 3 (1), 13 – 20.
- Radlovački, S. (2017). Primena Arduino platforme u nastavi. U G. Škvarč (Ur.) *Zbornik radova – 19. CARNetova korisnička konferencija CUC 2017*. Zagreb: Hrvatska akademska i istraživačka mreža – CARNet.
- Simeão P., Hahn C., Hahn M. (2016). A Simple Experimental Setup for Teaching Additive Colors with Arduino. *The Physics Teacher*, 54 (4), 244 – 245.
- Sohn, W-S. (2014). Design and Evaluation of Computer Programming Education Strategy using Arduino. *Advanced Science and Technology Letters*, 66, 73 – 77.
- Svedružić, A., Ptičar, D. (2018). Arduino platforma i senzor udaljenosti za mjerenje brzine svjetlosti u tekućini. *Matematičko – fizički list*, LXIX (2), 108 – 113.
- Tan, W. L., Venema, S., Gonzalez, R. (2017). Using Arduino to Teach Programming to First-Year Computer Science Students. *International Association for Development of the Information Society, Paper presented at the International Association for Development of the Information Society (IADIS) International Conference on Educational Technologies* (5th, Sydney, Australia, Dec 11-13, 2017) Preuzeto 20.01.2020. sa <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED579291.pdf>
- Tomaš, S. (2015). *Vrednovanje sustava e-učenja za učenike osnovnoga obrazovanja. (Doktorska disertacija)*. Zagreb: Filozofski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Topolovčan, T., Rajić, V., Matijević, M. (2017). *Konstruktivistička nastava. Teorija i empirijska istraživanja*. Zagreb: Učiteljski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Zenzerović, P. (2016). *Arduino kroz jednostavne primjere*. Zagreb: Hrvatska zajednica tehničke kulture.
- Zieris, H., Gerstberger, H., Müller, W. (2015). Using Arduino-Based Experiments to Integrate Computer Science Education and Natural Science. KEYCIT 2014 - Key Competencies in Informatics and ICT. Preuzeto 20.01.2020. sa https://publishup.uni-potsdam.de/opus4-ubp/frontdoor/deliver/index/docId/8293/file/cid07_S381-389a.pdf
- Zorica, S., Lipovac, M., Norac, Z., Antunović Terezić, S. (2016). Primjena simulatora za Arduino platformu u nastavi. U A. Blažetić (Ur.) *Zbornik radova - 18. CARNetova korisnička konferencija CUC 2016*, *Programirajmo svoju budućnost*. Zagreb: Hrvatska akademska i istraživačka mreža – CARNet.
- Yeo, S., Loss, R., Zadnik, M., Harrison, A., Treagust, D. (2004). What do students really learn from interactive multimedia? A physics case study. *American Journal of Physics*, 72 (10), 1351 – 1358.
- Yin, R.K. (2008). *Case Study Research: Design and Methods*. Los Angeles: SAGE.
- Yubonmhat, K., Youngdee, W., Chinwong, S., Saowadee, N. (2019). A low-cost Arduino-based NMR console. *Journal of Physics: Conference Series*, 1380, 1 – 7.

Didactic and Technological Evaluation of the Arduino Platform: A Case Study

Abstract

Given the increasing use of the Arduino platform in the of many school subjects, the question of its didactic and technological value is being raised. Therefore, it has been tested to what extent the Arduino platform enables constructivist, self-regulated, contextual and collaborative learning, and whether its aforementioned forms of learning support its technical design. A sample of 40 STEM teachers with experience in working on the platform examined the didactic and technological elements of the evaluation. In addition, the assessment of the didactic and technological value of the platform was further verified by an interview with educational professionals with years of experience in implementing the platform in teaching. Overall, the results show that teachers positively assess all the didactic components of learning and the technological features of the platform, and in particular the highly constructivist and contextual learning opportunity of the platform. The interview results further confirmed its educational value and showed that the platform enables active learning in a real-world environment; contextual learning that encourages motivation, collaboration with other students and self-learning supported by a large database of online projects. The contribution of the evaluation presented is to point out the didactic and technological capabilities of the platform in order to make greater use of its educational and scientific potential.

Keywords: *Arduino; didactic elements of evaluation; constructivist learning; microcontroller; technological elements of evaluation.*

Dodatak. Upitnik za vrednovanje didaktičkih i tehničkih elemenata platforme Arduino.

Poštovani učitelji i nastavnici,
u okviru znanstvenog istraživanja provodi se ispitivanje stavova učitelja i nastavnika o platformi Arduino za programiranje i korištenje mikrokontrolera. Vaše nam je mišljenje izuzetno važno pa Vas molimo da nam kažete svoj stav na predložene tvrdnje. Upitnik je anonimn i dobrovoljan, a Vaši će odgovori biti korišteni u znanstvene svrhe. Ljubazno Vas molimo da odgovorite na pitanja kako bi se prikupile relevantne informacije o didaktičkoj i tehnološkoj vrijednosti Arduino platforme. Unaprijed Vam se zahvaljujemo na suradnji!

Predmet koji poučavate:					
Radite u: OŠ SŠ					
Radni staž:					
Jeste li završili neki oblik edukacije o Arduino platformi? DA NE					
Arduino platforma za učenje programiranja i korištenje mikrokontrolera omogućuje da učenik:	potpuno se ne slažem	ne slažem se	nisma siguran se	slažem se	potpuno se slažem
aktivno uči ¹	1	2	3	4	5
samostalno radi ²	1	2	3	4	5
kreira nove materijale ¹	1	2	3	4	5
simulira realne probleme i situacije ³	1	2	3	4	5
mijenja varijable u pokusu ¹	1	2	3	4	5
istražuje ¹	1	2	3	4	5
upravlja svojim učenjem ²	1	2	3	4	5
radi postupno "korak po korak" ²	1	2	3	4	5
samostalno uči bez pomoći učitelja ²	1	2	3	4	5
prilagodi sadržaje i težinu zadataka svojim sposobnostima ²	1	2	3	4	5
ostvari različite interese ²	1	2	3	4	5
preskače određene radnje i razine ²	1	2	3	4	5
raspravlja o problemima na forumima ⁴	1	2	3	4	5
rješava probleme ¹	1	2	3	4	5
odlučuje što i kako će učiti i istraživati ²	1	2	3	4	5
samostalno radi pomoću dostupnih uputa ²	1	2	3	4	5
povezuje naučeno sa stvarnim situacijama ³	1	2	3	4	5
izvodi pokuse ¹	1	2	3	4	5
zorno prikazuje mjerenja ³	1	2	3	4	5
radi sa ostalim učenicima ⁴	1	2	3	4	5
dijeli sadržaje i aktivnosti na mreži ⁴	1	2	3	4	5
izabire dodatne sadržaje i aktivnosti ²	1	2	3	4	5
surađuje s ostalim učenicima ⁴	1	2	3	4	5
rješava stvarne problema i situacije ³	1	2	3	4	5
Rad s Arduinom je interaktivan ⁵	1	2	3	4	5
Arduino omogućuje jednostavno upravljanje ⁵	1	2	3	4	5
Dizajn i organizacija programskog sučelja je primjereno oblikovana ⁵	1	2	3	4	5
Arduino omogućuje jednostavno rukovanje ⁵	1	2	3	4	5
Arduino posjeduje priručnik za rukovanje ⁵	1	2	3	4	5
Arduino ima mogućnost mrežnog funkcioniranja ⁵	1	2	3	4	5
Arduino ima mogućnost kreiranja vlastitih sadržaja (mjerenja, slika, dokumenata) ⁵	1	2	3	4	5
Arduino platformu je moguće instalirati na različite operative sustave ⁵	1	2	3	4	5
Arduino je moguće instalirati na ostale uređaje (npr. pametnih telefona i tablete) ⁵	1	2	3	4	5
Programsko sučelje za programiranje mikrokontrolera moguće je nadograditi ⁵	1	2	3	4	5
Arduino je pristupačan i jednostavno ga je nabaviti ⁵	1	2	3	4	5
Prikaz spajanja Arduina i elektroničkih elemenata moguće je prikazati shemom ⁵	1	2	3	4	5
Arduino platforma posjeduje veliki broj gotovih primjera za učenje ⁵	1	2	3	4	5
Za Arduino postoji baza projekata na mreži ⁵	1	2	3	4	5
Arduino platforma je jeftina ⁵	1	2	3	4	5

Napomena - 1 - konstruktivističko učenje; 2 - samoregulirano učenje; 3 - kontekstualno i situacijsko učenje; 4 - suradničko učenje; 5 - tehnološki elementi.