

УДК 371.3::007.52

Оригинални научни рад

Примљен 18/7/2024

Прихваћен 4/4/2025

doi:10.5937/metpra28-52276

Гордана Т. Стоковић¹

Универзитет у Београду,
Факултет за образовање учитеља и васпитача,
Катедра за Дидактику
Београд (Србија)

МЕТОДИЧКИ ПРИСТУП РАЗВОЈУ АЛГОРИТАМСКОГ НАЧИНА РАЗМИШЉАЊА КОРИШЋЕЊЕМ ОБРАЗОВНИХ РОБОТА У РАЗРЕДНОЈ НАСТАВИ

Сажетак: Алгоритамски начин размишљања је приступ решавања проблема и једна од основних вештина коју ученици развијају интегративно током основног образовања. Један од приступа за развој алгоритамског начина размишљања је директан рад са физичким дигиталним уређајима попут образовних робота. Циљ рада је приказ методичких приступа развоју алгоритамског начина размишљања коришћењем образовних робота, као и алтернативних приступа у случају изостанка технологије. Запис кретања робота приказан је кроз четири различита методичка приступа, као и трансформација кретања по замишљеној квадратној мрежи у линијски алгоритамски запис. Грешке при запису алгоритма су неизбежне, те се посебна пажња у методичком приступу посвећује уочавању и исправљању грешака, као важне вештине коју треба развити у првом циклусу основног образовања. У случају изостанка физичких дигиталних уређаја, алгоритамски начин размишљања се може развијати применом виртуелних робота-емулатора доступним у веб окружењу, или у виду мобилних апликација.

Кључне речи: физички дигитални уређаји, образовни роботи, алгоритамски запис, емулятор, концепт обрнуте учионице

¹ gordana.stokovic@uf.bg.ac.rs, <https://orcid.org/0000-0002-0877-097X>; рођена 1984. године.

УВОДНА РАЗМАТРАЊА

Нови, обавезни наставни предмет Дигитални свет је уведен школске 2020/2021. године у први разред основне школе у Србији и сукцесивно се уводио сваке наредне године у наредни разред (Stoković & Ristić, 2022), тако да је од школске 2023/2024. године званично уведен у сваки разред првог циклуса основног образовања. У оквиру овог наставног предмета се линијско-спиралним програмирањем (Vilotijević, 1999) обрађују три наставне теме/области: Дигитално друштво, Безбедно коришћење дигиталних уређаја и Алгоритамски начин размишљања (Pravilnik, 2020). Циљеви и задаци савременог образовања мењају се у складу са потребама и циљевима друштва у коме се појединац васпитава и образује (Prušević Sadović, Šehović, Mandić, 2024). Традиционални модели образовања постају застарели и суочавамо се са изазовом прилагођавања наставних метода, појавом нових средстава и употребом нових технологија (Mandić, Miščević, Bujišić, 2024). Алгоритамски начин размишљања је једна од важних вештина за 21. век, односно скуп знања и вештина без којих ће се тешко обављати било који посао у будућности и представља посебан приступ или технику решавања проблеме, у коме се проблем посматра као комплексна целина коју је неопходно разложити у више једноставнијих делова, како би се учила њихова међусобна веза и шаблон који се понавља у процесу, са циљем успостављања јасне процедуре и непроменљивог низа једноставних корака који су потребни за успешно решавање проблема (Lockwood, DeJarnette, Asay, Thomas, 2016; Matović & Stoković, 2024). Појам алгоритамског начина размишљања се може дефинисати на различите начине. Доан описује алгоритамски начин размишљања као метод проналаска решења јасним дефинисањем корака, односно процес анализе проблема, имплементације решења и проналажења новог решења у следећем кораку (Doğan, 2020). Под алгоритамским начином размишљања поједини аутори сматрају способност човека да препозна, прилагоди и креира нове алгоритме у контексту образовања, будуће професије и савременог информационог друштва (Byrka, Sushchenko, Svatiev, Mazin, Veritov, 2021). Доан такође тврди да наставници са добро развијеним вештинама алгоритамског мишљења стреме да поучавају постепено, организујући процес који олакшава учење, и на тај начин оспособљавају ученике да буду добро испланирани и уредни, кроз развијање вештине алгоритамског начина размишљања (Doğan, 2020), мада постоје аутори који истичу недостатак повезаности између алгоритамског начина размишљања и академског учинка, сугеришући неопходност усклађивања наставног плана и програма како би ученици успешно развијали алгоритамски начин размишљања и друге вештине двадесет првог века (Doleck, Bazelais, Lemay, Saxena, Basnet, 2017).

Алгоритми су основне процедуре по којима се пишу компјутерски програми, те је уобичајено да алгоритамски начин размишља везујемо за рад на рачунару и време проведено пред екранима. Међутим, осим у настави Дигиталног света, алгоритми као процедуре, односно низ корака које је неопходно обавити да би се извршио одређени задатак, присутни су у свакодневном животу сваког ученика још од најранијег детињства. Дете припрема храну по одређеном рецепту, прати јасно написан низ корака, поштујући прописан редослед. Јапанска вештина са-вијања папира оригами је такође алгоритам, односно низ корака помоћу којих кроз развој фине

моторике, уз стрпљење и прецизност, правимо фигуре од папира. Још један пример алгоритма у свакодневном животу ученика је безбедан прелазак улице – неопходно је прво погледати лево, па десно, па лево, ако пролазе возила, неопходно је сачекати и поновити претходни низ корака, све док коловоз није празан. Наведени пример алгоритма је са условом, ако нема саобраћаја, онда можемо да пређемо преко пешачког прелаза. Спортски полигони, осим брзине, спретности и моторике, развијају алгоритамски начин размишљања, јер је управо полигон један велики тродимензионални алгоритам. Да би прешли на следећу станицу, ученици морају успешно да пређу претходну препреку, а распоред је јасан и непроменљив. Музички записи су алгоритамски записи помоћу којих стварамо музику свирајући, а плесне кореографије су такође јасни и непроменљиви алгоритми са понављањем одређених корака. Јутарња рутина припреме за полазак у школу је алгоритам који ученици свакодневно успешно прате. У овом раду анализираћемо значај развоја алгоритамског начина размишљања још од најранијег узраста, као вештине која је неопходна за живот и рад у 21. веку, проматраћемо значај увођења образовних робота у првом циклусу основног образовања при развоју алгоритамског начина размишљања, осврнути се на поједине методичке приступе у раду са образовним роботима и приказати дигиталне алтернативе образовних робота, у случајевима недостатка физичких дигиталних уређаја.

УЛОГА РОБОТА У РАЗВОЈУ АЛГОРИТАМСКОГ НАЧИНА РАЗМИШЉАЊА

Алгоритамски начин размишљања је окарактерисан као фундамент базичног образовања ученика (Stoković & Ristić, 2022) и као једна од вештина која ће бити неопходна за обављање занимања 21. века, а који можемо подстицати у разредној настави коришћењем образовних робота. Алгоритамски начин размишљања је уско повезан са образовним роботима, јер коришћењем оваквих физичких дигиталних уређаја прилагођених раном школском узрасту, ученици по принципима конструктивистичког приступа усвајају знања која су темељнија и самим тим дуготрајнија (Stoković, Matović, Ristić, 2023). У овом раду приказаћемо поједине методичке приступе при развоју алгоритамског начина размишљања коришћењем образовних робота у разредној настави, кроз пример рада са образовним роботом Бибот (енгл. Bee-Bot), доступним физичким дигиталним уређајем на нашем тржишту који се може користити у разредној настави, па чак и у предшколском узрасту за почетни развој алгоритамског начина размишљања. Образовни роботи су физички дигитални уређаји (Pravilnik, 2020) које ученици могу да држе у својим рукама и да њима манипулишу, развијајући моторику уз алгоритамски начин размишљања. Потребно је напоменути да су образовни роботи као физички дигитални уређаји одличан алат за конструктивистичка искуства учења. Они поседују интелектуалну и емоционалну привлачност, нуде велике могућности у васпитно-образовном раду, али нису универзално решење за све па је зато улога учитеља и васпитача пресудна у овом процесу (Stoković et al., 2023).

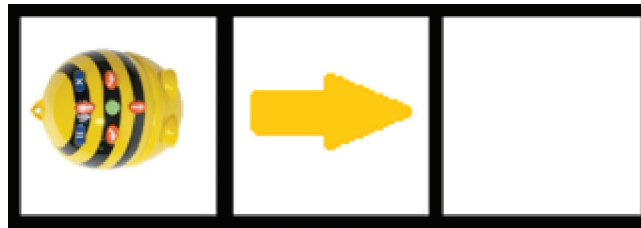
МЕТОДИЧКИ ПРИСТУП

Методички приступ развоја алгоритамског начина размишљања применом образовних робота приказаћемо кроз једноставан практични задатак. Испред образовног робота, којим управља ученик, ставља се препрека, а задатак ученика је да коришћењем тастера на контролору робота програмира његово кретање тако да обиђе препреку и врати се на почетну позицију. Процедурално гледано, до решења задатка неопходно је испунити шест методичких корака како би ученици успешно програмирали робота да изврши наредбу: (1) упознавање са функцијама робота и начином управљања; (2) просторна организација у замишљеној квадратној мрежи; (3) осмишљавање и запис путање кретања у квадратној мрежи; (4) линијски алгоритамски запис кретања; (5) програмирање робота за извршавање наредбе; (6) уочавање грешака у програму и/или алгоритамском запису и њихово исправљање до коначног решења.

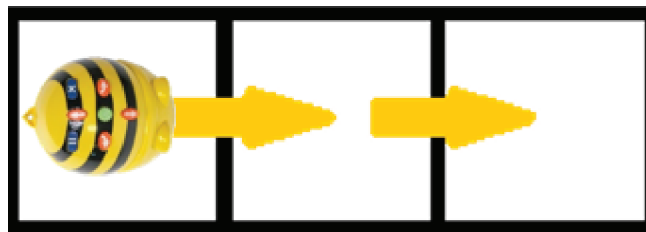
Како би правилно приступио процедури решавања задатка, ученик треба да буде упознат са основним карактеристикама робота, као што је физички изглед, основни поступци при безбедном руковању роботом, начин коришћења тастера на контролору робота и процедуру уноса алгоритма при програмирању робота, као и да зна дужину једног потеза при кретању робота. Следећи корак је осмишљавање путање кретања робота, а као визуелна помоћ при оријентацији у простору може се користити замишљена квадратна мрежа по којој ће се робот кретати, где је једна страница поља у квадратној мрежи једнака дужини кретања робота у једном потезу. На овај начин, осим развијања осећаја оријентације у простору, код ученика интуитивно уводимо појам квадратне мреже, редова, колона, координатног система и кретања у координатном систему. У оквиру квадратне мреже ученик затим осмишљава прецизну путању кретања робота и сет корака које је потребно предузети како би робот обишао препреку и вратио се у почетни положај. Овде је битно напоменути да при осмишљавању путање не постоји један једини исправан и тачан одговор. Сваки низ корака који доводи до решеног задатка је тачан, без обзира на смер кретања, број корака, или дужину пређене путање.

Запису кретања робота у оквиру замишљене квадратне мреже треба посветити посебну пажњу. Интуитивно, ученицима је најближи запис директно у квадратној мрежи. Овде треба напоменути да цртање стрелица кретања у оквиру једног поља (Слика 1) у квадратној мрежи може да изазове конфузију код ученика, те на оваквом приказу нисмо сигурни да ли робот треба да дође из тачке А у тачку Б, или у тачку В. Уместо тога, прецизније је записивати кораке кретања из центра једног поља до центра следећег циљаног поља (Слика 2). На тај начин ученицима је јасно где је почетак кретања, где је циљ кретања и колико корака је потребно предузети да би се стигло до жељене тачке. Поједини аутори удбеника (Anđelković, Đoković, Samčović Vil, 2021; Njegovanović, 2020; Pastor & Rackov, 2020) приказују кретање робота по замишљеној квадратној мрежи кретањем по ивицама поља уместо по самим пољима, цртајући путању по ивицама поља (Слика 3). Такође, уместо кретања по ивицама поља, можемо кретање дефинисати и по тачкама пресека ивица у квадратној мрежи (Слика 4). Који год запис кретања по квадратној мрежи је у употреби, неопходно је прецизно дефинисати значење сваке ознаке у алгоритамском запису

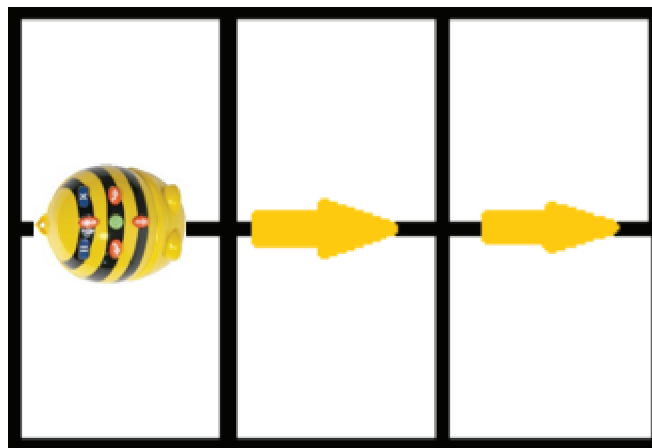
тако да је свим учесницима у процесу јасно како се сваки корак представља. Запис кретања у квадратној мрежи се затим записује линијски и алгоритам је представљен стрелицама које означавају кораке кретања записане у низу.



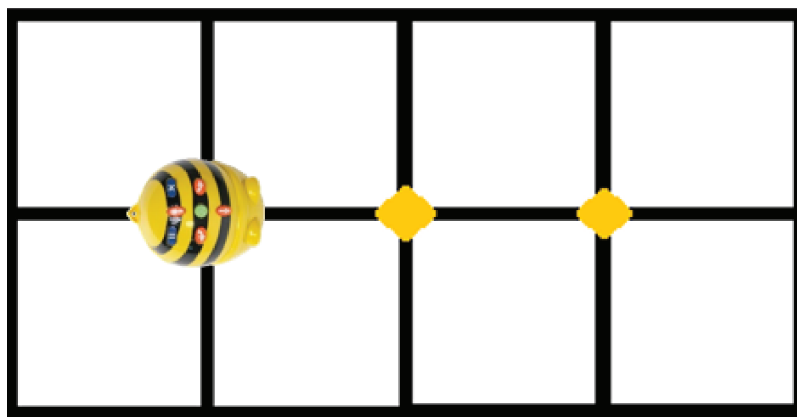
Слика 1: Приказ кретања робота са стрелицом унутар једног поља



Слика 2: Приказ кретања робота са стрелицом од центра једног поља до центра другог поља



Слика 3: Приказ кретања робота по ивицама поља



Слика 4: Приказ кретања робота по тачкама пресека ивица у квадратној мрежи

Да би разложили проблем на мање делове, неопходно је да ученици у квадратној мрежи упишу путању кретања образовног робота. Посебну пажњу треба посветити местима где се робот окреће око препреке, као и у коју страну се окреће. На овај начин, ученици вежбају оријентацију ка левој и десној страни, из своје перспективе, али и из супротних перспектива. За успешно програмирање образовног робота да обави свој задатак, потребно је да се запис кретања по квадратној мрежи пренесе у линијски алгоритамски запис, односно програм (Слика 5).



Слика 5: Пример линијског алгоритамског записа, помоћу кога се програмира образовни робот

При записивању алгоритма, односно линијског низа корака, ученици често праве грешке у запису и то је круцијални део процеса учења. Један од исхода при развоју алгоритамског начина размишљања јесте да ученик уме да уочи и исправи грешку у симболима израженим у упутству, односно алгоритму, и да провери ваљаност свог решења, односно да га по потреби додатно поправи (самостално или сараднички) (Pravilnik, 2020). Неопходно је, дакле, усвојити грешке као саставни део развојног процеса из ког ученици стичу нова знања. Уносом алгоритамског записа, ученици програмирају образовног робота да изврши свој задатак, односно да обиђе препреку и врати се на почетну позицију, имајући у виду да алгоритми нису јединствена решења, већ да је сваки алгоритам који испуњава задатак тачан алгоритам.

Додатну инспирацију ученицима, али и учитељима, при раду са образовним роботима представљају специјализоване радне подлоге, са уцртаном квадратном мрежом у којој је дужина странице једног поља једнака дужини кретања једног корака робота. Постоје посебно креиране подлоге са различитим темама као што су слова које се могу користити при почетном читању и

писању. Картографска писменост такође се може развијати коришћењем специјализованих подлога са плановима насеља или географским картама. Помоћу подлога са приказом насеља или школских просторија ученик може да вежба сналажење у простору и својој околини. Највише примера односи се на садржаје и оријентацији у простору, то јест просторне одреднице напред-назад, лево-десно, али и здрав начин живота (лична хигијена, исхрана, одевање), безбедно понашање у саобраћају (прелажење преко улице) и занимања људи (Ristić & Lukić, 2022). Различите друштвене игре могу да се организују коришћењем образовних робота, а учитељи са својим ученицима могу да креирају сопствене подлоге са одговарајућом квадратном мрежом у складу са потребама васпитно-образовног процеса. Осим подлога постоје и тродимензионални физички додаци који дају могућност роботима да уклањају објекте са подлоге, односно да оловком пишу по подлози.

РАД СА ЕМУЛАТОРИМА И МОБИЛНИМ АПЛИКАЦИЈАМА ЗА РАЗВОЈ АЛГОРИТАМСКОГ НАЧИНА РАЗМИШЉАЊА

Рад са образовним роботима подразумева опремање васпитнообразовних установа уређајима, подлогама и осталим техничким садржајима, као што су пуњачи, батерије или други тродимензионални додаци. Да би рад са роботима био ефикасан у току часа, сваки ученик би требало да испроба да програмира робота, што значи да у једној учионици у току часа треба да буде између пет и 30 функционалних физичких дигиталних уређаја. Осим тога, просторни и други услови у школама често не дозвољавају свакодневну примену доступних наставних средстава, а финансијска ограничења не дозвољавају употпуњавање фонда наставних средстава онима новијег датума, употребљивијим и педагошки ефикаснијим (Mandić, 2023). Уколико опремљеност образовне установе не пружа могућности директног рада са образовним роботима, постоје алтернативни приступи развоју алгоритамског начина размишљања у првом циклусу основног образовања. Алгоритми се могу записивати руком према захтевима задатка, ученици могу да имитирају роботе и да се крећу по квадратној мрежи, или у неком другом безбедном простору, на основу записаног алгоритма. Роботе могу да замене и друге фигуре, или играчке, а покретање по квадратној мрежи мануелно обављају ученици такође на основу задатих алгоритама. Иако приступи развоја алгоритамског начина размишљања без технологије (Stoković, 2024) стимулишу физичко кретање ученика и развој маште, изостаје осећај неизвесности при тестирању дигиталних уређаја, које нам пружа рад са роботима.

Решење за развој алгоритамског начина размишљања у случају недостатка физичких дигиталних уређаја је рад са емулатором образовних робота. Емулатор је софтвер који омогућава да се одређени програм или процес извршава у дигиталном окружењу другачијем од оног за који је предвиђен. За разлику од симулатора, који је најчешће уређај, емулатор је софтверска имитација процеса. Пример емулатора Бибота, који је развила компанија Терапин, налази се на интернет локацији <https://beebot.terrapinlogo.com/>. Осим подлоге и робота који заузимају централни део екрана, у левој страни се налази контролер емулатора, као и простор за избор различитих подлога. Са десне стране налази се објашњење сваког тастера у оквиру контролера.

Иако нема могућност рада на српском језику, емулятор је прилично једноставан и интуитиван те га ученици млађег школског узраста без проблема могу самостално користити.

Контролер емулятора је прилично сличан контролеру образовног робота. Осим стандардних тастера, који су распоређени на исти начин и обојени истим бојама, постоји додатни тастер СТОП, који служи да се извођење програма на емулятору заустави, а зелени тастер са кућом враћа емулятора на почетни положај у оквиру квадратне мреже. При уносу алгорита у контролер, линијски алгоритамашки запис се приказује испод тастатуре, а након покретања програма, емулятор се креће у истом маниру као и физички дигитални уређај. Док се емулятор робота креће, сваки корак у линијском алгоритамашком запису се истиче у реалном времену кретања робота. Емулятор нуди прегршт различитих подлога као што су сеоски пут, основни геометријски облици, процес развоја лептира и још многе друге које се могу применити у оквиру наставе математике, српског језика или света око нас, пружајући могућност учитељима да кроз интегративни приступ развијају алгоритамашки начин размишљања уз низ различитих наставних јединица. Осим различитих радних подлога, емулятор нуди могућност додатка за држање оловке. Уносом алгорита кретања робота са прикаченом оловком, емулятор верно имитира кретање робота, исцртавајући задату путању. Ипак рад са емулятором не може ученицима омогућити да кроз истраживање и директан рад са физичким дигиталним уређајима, по начелима конструктивистичке наставе, унапреде своје дигиталне компетенције (Stoković et al., 2023), као што би се то могло при непосредном раду са образовним роботима, било да је он индивидуалан или сараднички.

Широком употребом мобилних технологија, покренут је низ мобилних апликација за развој алгоритамашког начина размишљања. У млађем школском узрасту могу се применити мобилне апликације које имитирају рад образовних робота, попут емулятора. Мобилна апликација Бибот се састоји од низа задатих нивоа, поређаних од најлакшег до најтежег, где је задатак корисника да програмира робота који треба да стигне до задатог циља задатим путем, а корисник има приступ контролеру налик оном на образовном роботу.

ПРИМЕНА ОБРАЗОВНИХ РОБОТА У КОНЦЕПТУ ОБРНУТЕ УЧИОНИЦЕ

Обрнута учионица (енгл. *Flipped Classroom*) педагошки је модел који омогућава да ученици приступају различитим дигиталним наставним садржајима са циљем да на часу остане више времена за практичне активности као што су дискусије, решавање специфичних проблема и др. (Simić, Stoković, Ristić, 2018). Овим начином у средиште пажње ставља се ученик. Фокус се помера са процеса поучавања на активно учешће и учење ученика (студента), стварају се услови за бољу интеракцију међу самим ученицима као и између ученика и наставника, развијају се функционалне дигиталне компетенције ученика за наставне потребе. Модел изокренуте учионице, осим обавезне онлајн испоруке садржаја, подразумева и примену наставе лицем у лице (Ristić, Marković, Stoković, Ristić, 2022). Он ученицима омогућава да код куће стекну основна знања, а да се на часу више пажње посвети развијању способности кроз интеракцију. Образовни

наставни задаци се у највећој мери извршавају код куће, а функционални на часу, на основу тога што су образовни испуњени. Овај концепт рада може одлично да се уклопи у рад са образовним роботима. Наиме, као дидактичка средства, образовни роботи су уређаји које ученици користе у оквиру наставе, у школи, али да би били у могућности да функционалне задатке испуне на часу, развијајући своје дигиталне способности кроз интеракцију, неопходно је да се припреме код куће и стекну основна знања о роботу, али и о алгоритамском начину размишљања. Задаци могу да подразумевају ишчитавање садржаја из уџбеника, гледање видео-записа о коришћењу образовних робота, али и решавању задатака без коришћења технологије, који развијају алгоритамски начин размишљања. Навешћемо неке од примера стимулативних и ефикасних задатака за припрему примене образовних робота у концепту обрнуте учионице.

- (1) Ученици код куће треба да саставе задатак за следећи час, тако што ће на квадратној мрежи одабрати почетну позицију и жељени циљ. При изради задатка могу користити емулятор, или нацртати задатак у свесци. На часу, помоћу образовних робота, решавају своје или задатке својих другова из одељења испробавајући алгоритамске записе.
- (1) Ученици добијају у оквиру квадратне мреже почетну позицију робота и циљ, а њихов задатак је да напишу алгоритам који би довео робота до циља, не користећи одређени тастер, и то баш онај који је кључан за решавање проблема (на пример, тастер за скретање улево). Задатак ученика је да напишу алгоритам код куће, на часу тестирају решења и у интеракцији са другим ученицима пронађу алтернативне путеве.
- (1) За разлику од претходних задатака, ученици добијају задатак да код куће, на основу задатог линијског записа алгоритма, открију где је циљ кретања робота ако је познат почетни положај. Уколико правилно учитају алгоритам, ученици ће моћи да претпоставе позицију циља пре самог кретања робота. Могу да задају овакве задатке својим друговима и на тај начин, осим развоја алгоритамског начина размишљања, развију такмичарски дух, али и пробуде жељу за сарадњом и колегијалношћу.

ЗАКЉУЧАК

Појам алгоритма и алгоритамског начина размишљања, иако се најчешће везује за наставну област обавезног предмета Дигитални свет, односи се на много шири концепт, односно на свеобухватни приступ решавању комплексних проблема, разлагањем на мање целине. Ученици се свакодневно сусрећу са појмом алгоритма, не само у школском окружењу већ и у свакодневном животу. Образовни роботи, као физички дигитални уређаји дизајнирани за предшколски и школски узраст, могу значајно допринети развоју алгоритамског начина размишљања код најмлађих, по начелима конструктивистичке теорије. Током решавања комплекснијих задатака при раду са образовним роботима, алгоритам је неопходно записати, те смо приказали различите приступе при записивању алгоритама на млађем школском узрасту. Процес осмишљавања и записивања алгоритма често није једноставан, те су грешке и исправљање грешака у запису и извођењу саставни део процеса развоја алгоритамског начина размишљања, па посебну пажњу

треба посветити уочавању и исправљању грешака, као и тестирању и унапређивању алгоритамских записа. Додатну инспирацију и мотивацију ученика и учитеља при раду могу обезбедити различите радне подлоге и додаци образовних робота. Основне карактеристике образовних робота, као физичких дигиталних уређаја, јесу да су једноставни за руковање, отпорни на ударце и падове, а најважније је да ученици имају прилику да их држе у својим рукама и да манипулишу њима, развијајући моторику и алгоритамски начин размишљања истовремено, по начелима конструктивистичке теорије, те су њихови образовни потенцијали у млађим разредима основне школе евидентни. При недостатку образовних робота, могу се користити алтернативни приступи развоја алгоритамског начина размишљања без употребе технологије. Коришћењем емулятора образовног робота као алтернативе физичком дигиталном уређају, ученици могу самостално, код куће, да развијају своје дигиталне компетенције на дигиталним платформама. Свеprisутне мобилне технологије такође пружају нове могућности примене мобилних апликација при развоју алгоритамског начина размишљања. Приступом рада без физичких дигиталних уређаја, при развоју алгоритамског начина размишљања, отвара се и могућност примене концепта обрнуте учионице, коришћењем емулятора образовних робота, уз добро осмишљене примере задатака које ученици могу да ураде самостално, код куће, након упознавања са образовним роботом као физичким дигиталним уређајем.

ЛИТЕРАТУРА

- Anđelković, V., Đoković, J., Samčović Vil, D. (2021). *Digital world 1 textbook, Digitalni svet 1*, za prvi razred osnovne škole, Kragujevac: Atos [In Serbian]
- Byrka, M. F., Sushchenko, A. V., Svatiev, A. V., Mazin, V. M. & Veritov, O. I. (2021). A New Dimension of Learning in Higher Education: Algorithmic Thinking. *Journal of Educational Psychology-Propositos y Representaciones*, 9 (SPE2), e990. DOI: 10.20511/pyr2021.v9nSPE2.990
- Doğan, A. (2020). Algorithmic Thinking in Primary Education. *International Journal of Progressive Education*, 16 (4), 286–301. DOI: 10.29329/ijpe.2020.268.18
- Doleck, T., Bazelais, P., Lemay, D. J., Saxena, A., Basnet, R. B. (2017). Algorithmic thinking, cooperativity, creativity, critical thinking, and problem solving: exploring the relationship between computational thinking skills and academic performance. *Journal of computers in education*, 4, 355–369. DOI: 10.1007/s40692-017-0090-9
- Lockwood, E., DeJarnette, A. F., Asay, A., Thomas, M. (2016). Algorithmic Thinking: An Initial Characterization of Computational Thinking in Mathematics, *Proceedings of the 38th annual meeting of the North American Chapter of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*, 1588–1595. Tucson, AZ: The University of Arizona. Available at: <http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED583797.pdf>
- Mandic, D. (2023). Report on Smart Education in the Republic of Serbia, In: Zhuang, R., et al., *Smart Education in China and Central & Eastern European Countries, Lecture Notes in Educational Technology*, 271–291. Singapore: Springer. DOI:10.1007/978-981-19-7319-2_11

- Mandić, D., Mišević, G., Bujišić, Lj. (2024). Evaluating the Quality of Responses Generated by ChatGPT, *Methodology Theory and Practice*, XXVII, 2024/1, 5–19. Belgrade: Faculty of Education. DOI:10.5937/metpra27-51446
- Matović, S., Stoković, G. (2024). Educational robots in education, UNESCO E-library of Online courses, Beograd: Centar za robotiku i veštačku inteligenciju u obrazovanju [In Serbian]
- Njegovanović, G. (2020). *Digital world 1 textbook, Digitalni svet 1*, za prvi razred osnovne škole, Beograd: Bigz [In Serbian]
- Pastor, A., Rackov, G. (2020). *Digital world 1 textbook, Digitalni svet 1*, dodatno nastavno sredstvo za *Digitalni svet za prvi razred osnovne škole*, Beograd: Vulkan znanje [In Serbian]
- Pravilnik o izmenama i dopuni Pravilnika o planu nastave i učenja za prvi ciklus osnovnog obrazovanja i vaspitanja i programu nastave i učenja za prvi razred osnovnog obrazovanja i vaspitanja („Službeni glasnik RS – Prosvetni glasnik”, br. 10/17, 12/18, 15/18, 18/18 i 1/19), Beograd (2020) [In Serbian]
- Prušević Sadović, F., Šehović, S., Mandić, D. (2024). Competitiveness of knowledge in the context of the Fourth Industrial Revolution. *The Journal of the Faculty of Philosophy in Priština*, 54 (1), 399–413. DOI: 10.5937/zrffp54-48220 [In Serbian]
- Ristić, J., Lukić, J. (2022) An integrative approach to the content of the digital world and the world around us. In: S. Marinković (ed.). *Science and Education - Challenges and Perspectives*. Užice: Faculty of Education in Užice, 279–294. University of Kragujevac. DOI: 10.46793/NOIP.279R [In Serbian]
- Ristić, M., Marković, I., Stoković, G., Ristić, J. (2022). The flipped classroom model in an online teaching environment - A case study in higher education, In: B. Dumnić (ed.), *Zbornik radova XXVIII Skupa Trendovi razvoja: Univerzitetsko obrazovanje za privredu*, 227–230. Kopaonik: Fakultet tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sad [In Serbian]. Available at: http://www.trend.uns.ac.rs/stskup/trend_2022/TREND2022-ZBORNIK-RADOVA.pdf
- Simić, U., Stoković, G., Ristić, M. (2018). Flipped classroom in web environment: the pedagogical model. *Zbornik radova nacionalne konferencije sa međunarodnim učešćem ITOP 2018*, 389–398. Čačak: Faculty of Technical Sciences in Čačak, University of Kragujevac [In Serbian]. Available at: <https://www.ftn.kg.ac.rs/konferencije/ITOP18/Zbornik%20radova%20ITOP18.pdf>
- Stoković, G., Ristić, M. (2022). Developing Algorithmic Thinking - The Methodological Approach in Classroom. *Book of Abstracts New Horizons in education*, 76–77. Beograd: Teacher Education Faculty, University of Belgrade [In Serbian]
- Stoković, G., Matović, S., Ristić, M. (2023). Training preschool and school teachers for implementing educational robots. In: B. Dumnić (ed.). *Zbornik radova XXIX Skupa Trendovi razvoja: Univerzitet pred novim izazovima*, 218–221. Vrnjačka Banja: Fakultet tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu [In Serbian]. Available at: http://www.trend.uns.ac.rs/stskup/trend_2023/TREND2023-ZBORNIK-RADOVA.pdf
- Stoković, G. (2024). Training Primary School Teachers for Coding Robots and Implementing Unplugged Coding Activities. *The Fourteenth International Conference on e-Learning*, 138–145. Belgrade: Belgrade Metropolitan University. Available at https://ceur-ws.org/Vol-3696/article_13.pdf
- Vilotijević, M. (1999). *Didaktika 1*, Beograd: Zavod za udžbenike i nastavna sredstva [In Serbian]

Gordana T. Stoković²
University of Belgrade,
Faculty of Education,
Belgrade (Serbia)

METHODOLOGICAL APPROACH TO DEVELOPING ALGORITHMIC THINKING USING EDUCATIONAL ROBOTS IN CLASSROOM TEACHING

Abstract: Algorithmic thinking is a problem-solving approach and one of the core skills pupils develop interactively during primary education. One approach to developing algorithmic thinking is working with physical digital devices such as educational robots. The aim of this paper is to present the methodological approaches in developing algorithmic thinking using educational robots, as well as alternative approaches in case of lack of technology. The code writing is shown through 4 different methodological approaches, as well as the transformation from the square grid into a linear algorithm. When writing the algorithm, mistakes (bugs) are inevitable, so special attention is paid to recognizing and correcting errors (debugging), as an important skill that should be developed in the first cycle of primary education. In the absence of physical digital devices, algorithmic thinking can be developed using virtual robots-emulators, available in the web environment, or in the form of mobile applications.

Keywords: physical digital devices, educational robots, algorithm, emulator, the flipped classroom concept

² gordana.stokovic@uf.bg.ac.rs, <https://orcid.org/0000-0002-0877-097X>; date of birth 1984.