

ПРИЛОЗИ УНАПРЕЂИВАЊУ ОБРАЗОВАЊА НАСТАВНИКА

SERBIAN ACADEMY OF SCIENCES AND ARTS

MONOGRAPHS

Volume DCLXXXIII

PRESIDENCY

Book 5

ARTICLES ON IMPROVING THE QUALITY
OF TEACHER EDUCATION

Editors

Full member of the Academy

MILOSAV MARJANOVIĆ

PhD STEVAN JOKIĆ

BELGRADE 2016

СРПСКА АКАДЕМИЈА НАУКА И УМЕТНОСТИ

ПОСЕБНА ИЗДАЊА

Књига DCLXXXIII

ПРЕДСЕДНИШТВО

Књига 5

ПРИЛОЗИ УНАПРЕЂИВАЊУ ОБРАЗОВАЊА
НАСТАВНИКА

Уредници
академик
МИЛОСАВ МАРЈАНОВИЋ
др СТЕВАН ЈОКИЋ

БЕОГРАД 2016

Издаје

Српска академија наука и уметности
Кнез Михаилова 35, Београд

Технички уредник

Мира Зебић

Лектор и коректор

Љиљана Миљковић

Тираж 500 примерака

Штампа

Colorgrafx

САДРЖАЈ

ПРЕДГОВОР	7
Милосав Марјановић – <i>Структурисање садржаја школске аритметике</i>	11
Ђорђе М. Кадијевић – <i>Изазови припреме наставника рачунарства: глобална перспектива</i>	123
Стеван Јокић – <i>Пројекат „Рука у шесту” и ресурси које пружа наставницима</i>	137
Милица Стевановић – <i>Поимање простора и образовање за умешност</i>	163

ПРЕДГОВОР

Академијски одбор за образовање тематски се дели на следећа три сектора: Математика са Информатиком, Природне науке и Хуманистичке дисциплине. Прва два чланка ове књижице припадају првом сектору, трећи другом, а четврти трећем сектору. У нешто измењеном облику ови чланци су послужили као основа ауторима за њихова излагања на конференцији Унапређивање предметних дидактика и образовање наставника, организованој од стране овог Одбора и одржаној 22. и 23. октобра 2015. године.

(Видети: <http://www.sanu.ac.rs/Odbor-obrazovanje/Konferencija2015.aspx>).

Први чланак аутора Милосава М. Марјановића, Структурисање школске аритметике, односи се на суптилни период који обухвата прве три године учења и наставе аритметике, кад је много мање правог рачунања, него је пажња много више усмерена на утемељивање перманентног значења четири рачунске операције. Наиме, на овом нивоу наставе, деца се сусрећу са великим бројем примера који имају форму питања уплетених у разне ситуације из свакодневног живота. Као резултат тих активности формирају се у уму детета менталне слике и схеме које су носиоци тог перманентног значења.

Овај аутор користи језик теорије скупова да опише ове схеме, апстрахујући тип задатака намењених развијању значења сваке од ових операција. Тако, адитивну схему чине два дисјунктна скупа бројности m и n , и нека је s број елемената њихове уније. Кад су бројеви m и n дати, а тражи се s , кажемо да је то задатак сабирања који прати дату адитивну схему. А кад су s и m (одн. n) дати, а тражи се n (одн. m), кажемо да је то задатак одузимања, који прати дату адитивну схему.

Мултипликативну схему чини фамилија од m дисјунктних скупова од којих сваки има по n елемената. Нека је p број елемената уније ових скупова. Кад су m и n дати, а тражи се p , кажемо да је то задатак множења који прати дату мултипликативну схему. А кад су p и m (одн. n) дати, а тражи се n (одн. m), кажемо да је то задатак дељења који прати дату мултипликативну схему.

Поред ових иновација, аутор уводи у дидактику математике Канторов принцип инваријантности броја, који истиче природну завис-

ност концепције броја од перцепције скупа. Наиме, нека је A скуп неких објеката који се опажају, тада

(I) апстрахујући природу елемената тог скупа,

и

(II) апстрахујући било какав вид њиховог организовања, остаје чиста идеја броја n (A).

Овај принцип је основа на којој се заснивају закони аритметике (правила рачунања).

Иако у овом периоду нема много правог рачунања, него се тада у оквиру почетних блокова бројева формирају таблице сабирања и множења које улазе у трајни усмени фонд. У тај фонд улази, такође, и дељење са остатком бројева до 19 бројем 2, бројева до 29 бројем 3, бројева до 89 бројем 9 и бројева до 99 бројем 10. Тај усмени фонд је основа на коју се наслањају познати алгоритми извођења четири рачунске операције.

Други чланак аутора Ђорђа Кадијевића разматра изазове средњошколског рачунарског образовања у међународном контексту. Аутор истиче да се настава рачунарства углавном своди на промоцију рачунарске писмености, па је изучавање садржаја рачунарства као научне дисциплине у другом плану или занемарено. Изучавање тих садржаја требало би базирати на избору и усвајању најважнијих појмова рачунарства и начина рачунарског мишљења што аутор види као посебан изазов. Други важан извор изазова аутор налази у идентификовању, развијању и повезивању различитих типова знања потребних за успешну реализацију наставе рачунарства. Изнета анализа, коју аутор заснива на релевантним домаћим и иностраним публикацијама, представља вредан прилог унапређивању средњошколског рачунарског образовања.

Трећи чланак аутора Стевана Јокића приказује ресурсе развијене, у оквиру пројекта Рука у тесту, током последњих петнаест година

Пројекат Рука у тесту, инаугуришући педагогију засновану на понашању научника у лабораторији и радозналости детета узраста 4–11 година, даје допринос научном описмењавању све деце, а не само талентовата. Позивајући наставнике да имплементирају истраживачки (Inquiry Based Science Education – IBSME) приступ у реализацији научних садржаја у основној и средњој школи настоји да оствари: истинску реформу на пољу научног описмењавања читаве популације ђака у основној и средњој школи, користећи и размењујући позитивна искуства добре праксе, тренингом наставника, онлајн пројектима и дисеминацијом;

стимулише и подржи експериментални приступ научном образовању у коме се одговор на постављене хипотезе добија заједничким радом ученика и наставника. На овај начин се подстиче природна радозналост ученика, која се манифестује кроз постављање питања о реалном свету, феноменима или објектима. Улога васпитача, учитеља, наставника, у настави наука у школама, може бити и следећа: дозвољава ученицима да праве грешке и показује како и зашто грешке могу бити корисне; фаворизује групни и индивидуални рад ученика; фаворизује писање уз разликовање групних и индивидуалних текстова; омогућује дискусију, организује научну дебату; организује комуникацију; помаже ученицима да искажу своје идеје и објасне своје концепције; ради тако да ученици усвоје научни приступ; води активности у којим се ученици суочавају с комплексним проблемима одрживог развоја, климатских промена итд. Да би могли да реализују ове захтеве на располагању им је читав низ квалитетних ресурса у форми књига, интернационалних педагошких пројеката, сајт на српском језику, а организовани су акредитовани семинари, изложбе и низ међународних конференција. Завод за уџбенике и наставна средства, Просветни преглед и Институт Винча су омогућили да се у оквиру библиотеке Зрнца наука – Рука у тесту, уредника, предводиоца и аутора Стевана Јокића, објави 18 књига познатих француских научника и академика, Глобалне мреже академија наука (IAP). На сајту Рука у тесту је, васпитачима, учитељима, наставницима, родитељима, ђацима и заинтересованим за научно описмењавање сваког детета, доступно десетак приручника, као и више докумената добре праксе земаља које су учествовале у ЕУ пројектима POLLEN, FIBONACCI, SUSTAIN и у оквиру уговора САНУ – Француска академија наука – Универзитет у Београду.

Четврти чланак аутора Милице Стевановић карактеришу два основна става: један се тиче схватања просторних односа (о чему говоре и приложене илустрације), а други утицаја тог схватања на образовање уопште.

Пре свега реч је о схватању простора (које се огледа у виђењу растојања између тела, облика тела, „одјекивања” облика једних у другима и у околини – а и ње у њима итд.) као места које није празно: оно је испуњено изукрштаним „гравитационим пољима” узајамних утицаја посматрача и онога што се посматра. Општи изглед односно структура целог видног поља, као и границе између „тела” (облика) и „околине” (једно се прелива у друго, простор се згушњава у тела), зависе од кретања заинтересованог посматрачевог погледа, кретања које се током

гледања такође мења под утицајем новооткриваних података о ономе што се погледом истражује.

У складу са тим: у уметничким школама свих нивоа потребно би било ослобађати ученике од увреженог схватања да је тзв. реалистичан визуелни рад (како се сада у школама углавном схвата) једном заувек дат као реалистичан. Шта је реално – то је нешто што треба стално преиспитивати и допуњавати (од разумевања стварности зависи и уобличавање целог света у коме живимо). У вези са тим, када се ради о општем образовању, може се констатовати и да је упознавање са уметношћу свих ученика (не само оних опредељених за уметничке професије) једна од најпогоднијих могућности за развијање критичког мишљења, неопходног у савременом образовању. То би се постизало и праксом (већ у свету доста раширеном) укључивања уметника у радионички рад са ученицима, али овде под условом да се ученици сусрећу и раде са уметницима чији су ставови различити, понекад чак и међусобно оштро супротстављени. Тако би били стимулисани не да само прихватају или копирају туђи рад, него да увидом у борбу мишљења, па чак и сопственим евентуалним учешћем у њој, сами преиспитују и уобличавају своје ставове. Важно је да се у том погледу посебно нагласи и интензивира рад са старијим ученицима (крај основне школе, средња школа).

Пријатна нам је дужност да се на крају захвалимо на брижљиво вршеним коректурама госпођама Миљанки Зебић и Јелени Митрић, као и на сталној бризи око формирања рукописа ове књижице госпођи Александри Хрељац.

Аутори

ЂОРЂЕ М. КАДИЈЕВИЋ*

ИЗАЗОВИ ПРИПРЕМЕ НАСТАВНИКА РАЧУНАРСТВА: ГЛОБАЛНА ПЕРСПЕКТИВА**

Апстракт. – Рачунарска наука обично се дефинише као наука која „проучава рачунаре и алгоритамске процесе, укључујући њихове принципе, њихове хардверске и софтверске дизајне, њихове примене, и њихов утицај на друштво“. За разлику од школског предмета рачунарство и информатика који се заснива на једној озбиљној научној дисциплини, дигитална писменост означава само скуп вештина. Неколико иностраних извештаја истичу да се рачунарско образовање у средњим школама у Европи често своди на промоцију дигиталне писмености. То свођење (али углавном у мањој мери) може се уочити у настави рачунарства и информатике у гимназијама у Србији. Према водећим ауторитетима у настави рачунарства, основни појмови рачунарства (нпр. алгоритам, подаци, модел) и начини рачунарског мишљења (нпр. алгоритамско мишљење, структурирање података, коришћење апстракција) би требало да представљају стожер школског рачунарског курикулума. Стога је посебан изазов открити који су од њих најважнији (генерално или у конкретном контексту) и тиме обавезујући за наставнике рачунарства. Други важан извор изазова бави се формама знања које су потребне за успешну наставу рачунарства и њено даље унапређивање, што може резултирати разрадом теоријског оквира под називом технолошко-педагошко-предметно знање (енгл. technological pedagogical content knowledge; акроним ТРСК). При томе је посебан изазов како код наставника рачунарства развијати ТРСК, фокусирајући се, рецимо, на педагошко знање и његову интеракцију са другим формама знања.

Кључне речи: дигитална писменост, образовање наставника, рачунарско мишљење, рачунарство, технолошко-педагошко-предметно знање

* Институт за педагошка истраживања, Београд, djkadijevic@ipi.ac.rs

** Чланак, резултат рада на пројектима 47008 и 44006 финансираних од стране Министарства за образовање, науку и технолошки развој Републике Србије, аутор посвећује сину Александру.

1. ТЕРМИНОЛОШКА РАЗГРАНИЧЕЊА

Рачунарска наука или наука о рачунарима (енгл. *computer science*) обично се дефинише као наука која „проучава рачунаре и алгоритамске процесе, укључујући њихове принципе, њихове хардверске и софтверске дизајне, њихове примене, и њихов утицај на друштво“ (преузето из документа *CSTA K-12 Computer Science Standards Revisited 2011*, с. 1). Према једном шире прихваћеном гледишту – а у вези са универзитетским курсевима о рачунарима и информационим технологијама – рачунарска наука је једна од пет области рачунарства (енгл. *computing*). Остале четири области су рачунарски инжењеринг (енгл. *computer engineering*), информациони системи (енгл. *information systems*), информационе технологије (енгл. *information technology*) и софтверско инжењерство (енгл. *software engineering*). (Ове области наведене су у документу *ACM Computing Curricula 2005*, доступном на адреси <https://www.acm.org/education/curricula-recommendations>.)

Са друге стране, реч информатика, која потиче од француске речи *informatique* или немачке речи *informatik* које су ушле у употребу пре више од пола века, користи се да означи модерну науку о електронској обради података. То значи да би реч информатика требало да првенствено означава научну дисциплину која се бави обрадом информација и информационим системима. Међутим, та реч најчешће означава дисциплину са (много) ширим интересовањима, јер се, рецимо, немачка реч *informatik* обично преводи као *computer science* (видети у Hubwieser et al., 2011).

У нашој земљи се наставни садржаји у вези са рачунарима и информационим технологијама реализују у оквиру школских предмета и универзитетских курсева чији називи садрже реч рачунарство и/или информатика (нпр. рачунарство и информатика, основи рачунарства или пословна информатика). Имајући у виду горњу дефиницију и постојеће садржаје школских курсева о рачунарима и информационим технологијама, најприкладније је користити само назив рачунарство, што ћемо у даљем тексту овог рада и чинити.

2. НЕДОСТАЦИ ШКОЛСКОГ РАЧУНАРСКОГ ОБРАЗОВАЊА

Док се рачунарство, како је већ на почетку овог рада истакнуто, бави рачунарима и алгоритамским процесима (укључујући њихове принци-

пе, њихове хардверске и софтверске дизајне, њихове примене, и њихов утицај на друштво), дигитална писменост (енгл. *digital literacy*), у најкраћем, означава способност да се рачунари користе ефикасно и етички. За разлику од школског предмета рачунарство који се заснива на једној озбиљној научној дисциплини, дигитална писменост означава само скуп вештина. Неколико иностраних извештаја истичу да се рачунарско образовање у средњим школама често своди на промоцију дигиталне писмености. Овде наводимо основне налазе из два таква извештаја:

- Краљевско друштво је у 2012. години објавило извештај под називом „Искључити или рестартовати: даљи пут за рачунарство у школама Уједињеног Краљевства“ (изворно *Shut down or restart: the way forward for computing in UK schools*), у коме се подвлачи да се курикулум, који се односи на информационе и комуникационе технологије (ИКТ), реализује на незадовољавајући начин углавном у циљу развоја дигиталне писмености. Иако ИКТ курикулум у Уједињеном Краљевству обухвата различите аспекте рачунарске науке, информационих технологија и дигиталне писмености, ИКТ наставници обично нису квалификовани, па стога тај курикулум редукују на промоцију дигиталне писмености, тако што у настави користе различите програме за канцеларијски рад.
- Француска академија наука је у 2013. години објавила извештај под називом „Настава рачунарства у Француској. Сутра не може да чека“ (изворно *Teaching computer science in France. Tomorrow can't wait*) у коме се истиче да настава рачунарства стагнира или се ограничава на коришћење основних хардверских и софтверских производа. У извештају се поред тога подвлачи да иако влада предлаже масовну обуку наставника за употребу дигиталних технологија, ништа се не прецизира о обуци наставника рачунарства. Иначе, у том извештају се препоручује да би наставници требало да буду обучени тако да схвате еволуцију своје предметне области под утицајем рачунарства.

Када узмемо у обзир Европу у целини, ситуација је прилично обесхрабрујућа. У извештају из 2013. године под називом „Информатичко образовање: Европа не сме да пропусти брод“ (изворно *Informatics education: Europe cannot afford to miss the boat*) констатује се да је постигнут добар напредак када је у питању увођење дигиталне писмености у информатички курикулум, али се истиче да одговарајуће информатичко образовање у великој мери недостаје у већини европских земаља (тако, на пример, не постоји никакво информатичко образовање у средњој школи у Финској). Ако се има у виду да за послове у XXI веку ученици

морају не само да буду дигитално писмени, већ и да разумеју кључне концепте информатике, онда би они требало да имају користи од образовања не само у области дигиталне писмености, већ и у информатици као посебном наставном предмету. У супротном ће се, како тај извештај подвлачи, Европа „претворити у пуког потрошача информационих технологија и пропустити свој циљ да постане главни играч [у тој области]“ (с. 3). Напомињемо да је стање наставе рачунарства у Америци такође алармантно (нпр. Tucker, 2010). Упркос великом значају за америчку економију и национално благостање – од 9,2 милиона STEM-заснованих послова у 2020. години, половина ће бити послови за оне са добрим знањем и вештинама из области рачунарства – рачунарско образовање је у овом тренутку маргинализовано у образовном систему К-12 у Америци (видети извештај под називом „Грешке у систему: сертификација наставника рачунарства у Америци“; изворно *Bugs in the system: computer science teacher certification in the U.S.*).

Како је већ раније истакнуто, у Србији се теме из рачунарства изучавају у предмету под називом Рачунарство и информатика. Може се рећи да, у одређеној мери, гимназијски курикулум третира рачунарство као независну научну дисциплину. Иако су тим курикулумом обухваћени основни рачунарски концепти и поступци решавања проблема у рачунарству (види МПНТР, 2011), они, ипак, нису јасно дефинисани и на примерима приказани у пратећим смерницама о начину имплементације курикулума. Поменимо само да је задатак „да ученици јачају способност решавања проблема развојем логичког и критичког мишљења“ превише неодређен. Будући да је рачунарство засновано на рачунарском мишљењу (енгл. *computational thinking*; Wing, 2006), његове технике (нпр. алгоритамско мишљење, структурирање података, коришћење апстракција попут модела и симулација) би требало континуирано разјашњавати, на примерима илустровати, и у пракси примењивати. Чак и када су у питању једноставнији појмови, тај појам може имати више улога које би требало експлицитно објаснити ученицима (видети разне улоге варијабле у раду Sajaniemi & Kuittinen, 2005).

Према водећим ауторитетима у настави рачунарства, рачунарско мишљење би требало да буде стожер рачунарског курикулума за основну и средњу школу (нпр. Hubwieser, Armoni, Giannakos & Mittermeir, 2014). Поред тога, стандарди образовања које дефинише тај курикулум би требало да буду засновани на алгоритамском/рачунарском мишљењу (CSTA, 2013). Не можемо дакле говорити о одговарајућем рачунарском образовању, ако се то мишљење не негује континуирано и педантно.

У Србији постоји званичан позив за унапређење улоге ИКТ у образовању (НПСРС, 2013), које би, како тај позив предлаже, требало зацртавати на образовним стандардима изведеним из ISTE стандарда образовне технологије (ISTE стандарди дати су на адреси www.iste.org/standards). Као и у Француској, у фокусу је коришћење ИКТ у настави свих предмета, уважавајући европски оквир који дигиталну компетенцију („поуздану и критичку употребу технологија информационог друштва“) наводи међу осам кључних компетенција за учење током читавог живота (ЕС, 2007). (Дигитална агенда представља један од седам стубова раста Европске уније до 2020. године; видети на <http://ec.europa.eu/digital-agenda/en/digital-agenda-europe-2020-strategy>). Иако је развијање дигиталних компетенција заиста важно, потребно је прецизно разграничити те компетенције од знања и вештина из рачунарства као засебне научне дисциплине, јер ће давање већег простора овим компетенцијама, као и у Уједињеном Краљевству, највероватније бити реализовано на уштрб знања и вештина из рачунарства које треба усвојити. Занимљиво је истаћи да ни чланови Комисије за информатику при ресорном министарству (у чијој надлежности је иновирање школског курикулума из рачунарства) вероватно нису свесни ове конфузије, јер у својим ставовима, између осталог, истичу да су иновирани садржаји предмета Рачунарство и информатика у гимназијама прилагођени ECDL (*European Computer Driving Licence*) стандардима, чије испуњавање би требало да обезбеди компетентно коришћење персоналних рачунара и основних програмских апликација. Али, ти чланови сасвим исправно подвлаче да главни циљ наставе програмирања није конкретан програмски језик, већ развијање способности ученика за прецизно дефинисање разноврсних проблема и примену разних поступака за њихово систематично решавање, што би требало да допринесе и бољем коришћењу готових софтверских решења (из електронске кореспонденције са Г. Мијатовић, јун 2014. год.). Иначе, циљ наставног предмета Рачунарство и информатика у гимназији је: „стицање знања, овладавање вештинама и формирање вредносних ставова који доприносе развоју информатичке писмености неопходне за даље школовање, живот и рад у савременом друштву“ (МПНТР, 2011; с. 150).

Стога, у првом плану наставе тог предмета нису основни рачунарски концепти и поступци решавања проблема у рачунарству. Ако се има у виду теорија когнитивног развоја руског психолога Виготског, настава сваког школског предмета би код ученика требало да, поред осталог,

развија и формалну структуру знања конкретне научне дисциплине и негује начине мишљења који се у њој користе (Ivić, 1991).

3. ИЗАЗОВИ ПРИПРЕМЕ НАСТАВНИКА РАЧУНАРСТВА

Према водећим ауторитетима у настави рачунарства, одговарајуће образовање наставника рачунарства – како према обиму разматраних садржаја, тако и према дубини разматрања тих садржаја – један је од најважнијих фактора за успех темељног рачунарског образовања (нпр. Hubwieser et al., 2014). Према француском искуству (Académie des sciences, 2013), припрема наставника рачунарства би требало да 1) повезује теорију и практичан рад, 2) повезује рачунарство са проблемима у другим школским предметима и реалном окружењу и 3) да фокус стави на фундаментална питања рачунарства, а не на рачунарске алате који се брзо развијају. Када су у питању фундаментална питања рачунарства, тј. основни појмови рачунарства (нпр. алгоритам, подаци, модел) и начини рачунарског мишљења, изазов је који од њих су најважнији (генерално или у конкретном контексту) и тиме обавезујући за наставнике рачунарства, јер различити образовни системи могу различито вредновати централна питања рачунарства (Hubwieser & Zendler, 2012). Поред тога, када је потребно користити одабране централне појмове и најважније начине рачунарског мишљења у настави, чак и искусни наставници могу испољити висок ниво фрустрације, ако је потребно истовремено разматрати више фундаменталних питања. Будући да је рачунарско образовање почело да се заснива на образовним стандардима (ради упознавања са тим стандардима, видети ISTE сајт, CSTA [2013], или Schulte & Saeli, 2013), исти изазови ће се, по свој прилици, јавити када наставник буде бирао главне стандарде које треба применити и примењивао те стандарде у исто време (упоредити са Kadjevich, 2002).

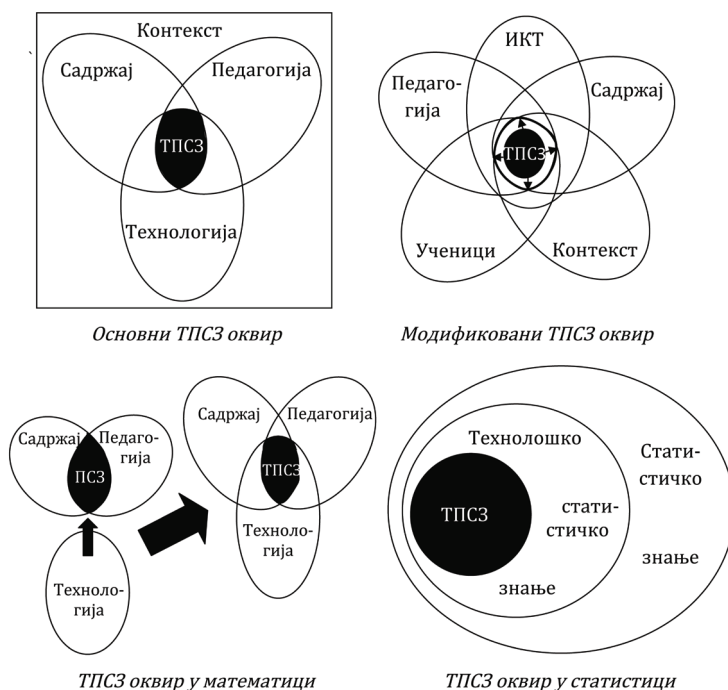
Други извор изазова бави се облицима или формама знања које су потребне за успешну наставу рачунарства и њено даље унапређивање. Ове форме су очигледно везане за предметне садржаје (означимо је са С од енгл. *Content*), технолошке садржаје (означимо је са Т од енгл. *Technology*) и педагошке, прецизније педагошко-психолошко-курикуларне садржаје (означимо је са Р од енгл. *Pedagogy*) како би наставник био у могућности да, на педагошки релевантан начин, користи технологију у обради конкретног предметног садржаја (нпр. рад са цикличним структурама). Такво разматрање нас доводи до добро познатог оквира под називом технолошко-педагошко-предметно знање (енгл. *technological*

pedagogical content knowledge; акроним је ТРСК или ТРАСК; детаљи о овом оквиру могу се наћи на адреси www.track.org).

Иако рачунарско образовање захтева континуирано и педантно развијање све три форме знања (размислити, на пример, о коришћењу образовне технологије за имплементацију наставних метода за различите рачунарске теме; Kadijevich, 2012), истраживање у рачунарском образовању до сада је углавном примењивало само оквир под називом педагошко-предметно знање (енгл. *pedagogical content knowledge*; акроним је РСК; видети, рецимо, Saeli, Parrenet, Jochems & Zwaneveld, 2011), који је заиста прикладан за наставу рачунарства када се не користе рачунари (та врста наставе је разматрана у Bell & Newton, 2013, на пример). Један од изазова је, дакле, примена пуног, тј. ТРСК оквира у рачунарском образовању, који може додати неке специфичности општем оквиру, као што је то случај са математичким или статистичким образовањем (Kadijevich & Madden, 2015). Основни детаљи општих и специфичних аспеката ТРСК (срп. ТПСЗ) оквира дати су на слици 1 на следећој страници.

Други, много већи изазов је како да се развије ТРСК код наставника рачунарства. У предметима у којима коришћење технологије тек повремено може да унапреди наставни процес, развој ТРСК почиње са С (предметни садржај), а затим додаје Р (педагогију) и интеракције између те две форме знања ($C \leftrightarrow R$) у циљу развијања РСК. Та сложенија форма знања се даље рафинира знањем о технологији (Т) и интеракцијом $T \leftrightarrow RCK$ у циљу развијања ТРСК (преко те интеракције, али и такође интеракција $T \leftrightarrow CK$, $T \leftrightarrow PK$ и $TRK \leftrightarrow TCK$; PK и TRK означавају, редом, *pedagogical knowledge* и *technological pedagogical knowledge*). (У свакој интеракцији две форме знања, једна форма утиче на другу, и обрнуто. На пример, могућности коришћене технологије могу наметнути начин репрезентације који би требало применити код конкретног садржаја, али, такође, начин репрезентације који би требало применити код конкретног садржаја може генерисати унапређивање постојећих технолошких могућности или додавање нових.) С обзиром на то да наставници рачунарства по правилу имају солидна знања о технологији, главни фокус у развоју ТРСК може бити педагошко знање (РК) и форме знања са којима је РК у интеракцији ($R \leftrightarrow CK$, $T \leftrightarrow RK$ и $R \leftrightarrow TCK$; Kadijevich, 2012). Недавно објављени извештај истиче да је у Србији управо педагошко знање (тачније квалитет наставних метода) од кључног значаја за примену технологија у гимназијском образовању уопште, а посебно у рачунарском образовању (ЗВКОВ, 2012). Наравно, када је у питању развијање ТРСК,

едукатори наставника не би требало да дају приоритет једном путу у односу на други, већ да тај пут радије прилагоде знању, вештинама и образовним потребама конкретног наставника или групе наставника. Поред тога, ти едукатори би требало да имају на уму да су педагошки приступи тесно повезани са традицијама у рачунарству (теоретска, инжењерска, или научна). Стога би сваку од тих традиција требало укључити у припрему наставника у циљу унапређивања њиховог свестранијег разумевања рачунарства као научне дисциплине (Tedre & Apiola, 2013). Међутим, одговарајуће образовање наставника рачунарства један је од најтеже достижних циљева (Hubwieser et al., 2014).



Сл. 1. Различите концептуализације ТПС3 оквира (преузето из Kadjevich & Madden, 2015, с. 128)

4. ЗАВРШНО РАЗМАТРАЊЕ

Листа званично прихваћених програма за усавршавање наставника рачунарства, која се континуирано ажурира, доступна је на адреси <http://katalog2015.zuov.rs/> (активирати линк информатика). Иако је у августу 2015. године било око шездесет програма, они нису били кла-

сификовани у две базичне групе (побољшање дигиталне писмености наспрам побољшања рачунарског образовања). Поред тога, ови програми нису били описани на начин који омогућава наставницима да сагледају могућа побољшања када су у питању њихова знања и вештине у вези са предметним садржајем, педагогијом и технологијом, као и интеграцијама ових форми знања. Међутим, чини се да ови програми првенствено разматрају предметне садржаје и/или технологију уместо педагогије и њених интеграција са преостале две форме знања. Напомињемо да, на наше велико изненађење, у документу под називом *Стратегија развоја образовања у Србији до 2020. године* (МПНТР, 2012) не постоји ниједна реч о унапређењу рачунарског образовања у Србији. Имајући у виду више налаза из домаћих и иностраних извештаја, који су раније разматрани у овом прилогу, јасно је да би неуспех у имплементацији рачунарства као базичног школског предмета (попут математике или физике) лимитирао технолошки и економски развој Србије у годинама које долазе.

ЛИТЕРАТУРА

А)

- Завод за вредновање квалитета образовања и васпитања (2012). *Извештај о вредновању програма оледа информатичког смера у гимназији*. Београд: аутор.
- Министарство образовања, науке и технолошког развоја (2012). *Стратегија развоја образовања у Србији до 2020. године*. Београд: аутор.
- Министарство образовања, науке и технолошког развоја (2011). *Правилник о наставном плану и програму за гимназију*. Београд: аутор.
- Национални просветни савет Републике Србије (2013). *Смернице за унапређивање улоге информационо-комуникационих технологија у образовању*. Београд: аутор.

Б)

- Académie des sciences (2013). *Teaching computer science in France. Tomorrow can't wait*. Paris: Author.
- Bell, T. & Newton, H. (2013). Unplugging computer science. In Kadjevich, Dj., Angeli, C. & Schulte C. (Eds.), *Improving computer science education* (pp. 66–81). New York: Routledge.
- Computer science teachers association (2013). *Bugs in the system: computer science teacher certification in the U.S.* New York: Author.

- European Communities (2007). *Key competences for lifelong learning – A European framework*. Luxembourg: Author.
- Hubwieser, P., Armoni, M., Giannakos, M. N. & Mittermeir, R. T. (2014). Perspectives and visions of computer science education in primary and secondary (K-12) schools. *ACM Transactions on Computing Education*, 14(2), 7:1–7:9.
- Hubwieser, P. et al. (2011). Computer science/informatics in secondary education. In Adams, L. & Jurgens, J. J. (Eds.), *Proceedings of the 16th annual conference reports on Innovation and technology in computer science education – working group reports ITiCSE-WGR '11* (pp. 19–38). New York: ACM.
- Hubwieser, P. & Zendler, A. (2012). How teachers in different educational systems value central concepts of computer science. In *Proceedings of the 7th Workshop in Primary and Secondary Computing Education – WiPSCE '12* (pp. 62–69). New York: ACM.
- Informatics Europe and ACM Europe (2013). *Informatics education: Europe cannot afford to miss the boat*. Zürich: Author. Retrieved November 21, 2016, from www.informatics-europe.org/images/documents/informatics-education-acm-ie.pdf
- Ivić, I. (1991). *Theories of mental development and the problem of education outcomes*. Paris: CERI/INES(91)8.
- Kadijevich, Dj. (2012). TPCK framework: assessing teachers' knowledge and designing courses for their professional development. *British Journal of Educational Technology*, 43(1), E28–E30.
- Kadijevich, Dj. (2002). Four critical issues of applying educational technology standards to professional development of mathematics teachers. In *Proceedings of the 2nd International Conference of the Teaching of Mathematics* (on a CD). Crete, Greece: University of Crete. Retrieved November 21, 2015, from www.math.uoc.gr/~ictm2/Proceedings/pap196.pdf
- Kadijevich, Dj. M. & Madden, S. R. (2015). Comparing approaches for developing TPCK. In Khine, M. S. (Ed.), *New directions in technological pedagogical content knowledge research: multiple perspectives* (pp. 125–146). Charlotte, NC: Information Age Publishing.
- Royal Society (2012). *Shut down or restart: the way forward for computing in UK schools*. London: Author.
- Saeli, M., Perrenet, J., Jochems, W. M. G. & Zwaneveld, B. (2011). Teaching

- programming in secondary school: a pedagogical content knowledge perspective. *Informatics in Education*, 10(1), 73–88.
- Sajaniemi, J. & Kuitinen, M. (2005). An experiment on using roles of variables in teaching introductory programming. *Computer Science Education*, 15(1), 59–82.
- Schulte, C. & Saeli, M. (2013). Applying standards to computer science education. In Kadjevich, Dj., Angeli, C. & Schulte C. (Eds.), *Improving computer science education* (pp. 117–131). New York: Routledge.
- Tedre, M. & Apiola, M. (2013). Three computing traditions in school computing education. In Kadjevich, Dj., Angeli, C. & Schulte C. (Eds.), *Improving computer science education* (pp. 100–116). New York: Routledge.
- Tucker, A. (2010). K-12 Computer science: aspirations, realities, and challenges. In Juraj Hromkovič, J., Královič, R. & Vahrenhold, J. (Eds.), *Proceedings of the 4th international conference on informatics in secondary schools – Evolution and perspectives: teaching fundamentals concepts of informatics* (pp. 22–34). Berlin: Springer.
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33–35.

Djordje M. Kadijevich *

CHALLENGES OF COMPUTER SCIENCE TEACHERS' PREPARATION: A GLOBAL PERSPECTIVE

S u m m a r y

Computer science (CS) is usually defined as “the study of computers and algorithmic processes, including their principles, their hardware and software designs, their applications, and their impact on society” (CSTA K-12 Computer Science Standards Revisited 2011, p. 1). Digital literacy is, on the other hand, the ability to use computers effectively and ethically. Computer science (informatics in some countries such as France or computing in others such as UK or USA) is a subject derived from a rigorous academic discipline, whereas digital literacy is simply a set of skills. Several reports indicate that computer science education in high schools is usually reduced to promoting digital literacy (see, for example, the reports titled “Shut down or restart: the way forward for computing in UK schools” and “Teaching computer science in France. Tomorrow can’t wait”).

When we consider Europe as a whole, the situation is quite discouraging. According to the report titled “Informatics education: Europe cannot afford to miss the boat”, there is “good progress in including digital literacy in the curriculum”, but proper informatics education “is sorely lacking in most European countries” (p. 3). For the jobs of the 21st century “students must not only be digitally literate, but also understand key concepts of informatics” (p. 12). Otherwise, Europe “will turn into a mere consumer of information technology and miss its goal of being a major player [in that field]” (p. 3).

In Serbia, topics from computer science are covered in the subject called *Računarstvo i informatika*. Its upper-secondary curriculum for gymnasias treats computer science as an independent scientific discipline to some extent. Although core CS concepts and main CS problem solving techniques are covered by this curriculum, these are not clearly delineated and exemplified in the accompanying guidelines on curriculum implementation. For example, the goal “Improve students’ ability to solve problems by developing their logical and critical thinking” is too vague. As CS is based upon computational thinking, its techniques (e.g., algorithmic thinking,

* Institute for Educational Research, Belgrade, djkadijevic@ipi.ac.rs

structuring data, using abstractions) need to be continuously clarified, exemplified, and practiced.

According to the French report mentioned above, CS teachers' preparation should (1) link theory and experimentation, (2) link CS to the real world and other disciplines (school subjects), and (3) focus on fundamental CS issues rather than on CS tools that develop fast. Regarding fundamental CS issues i.e. core CS concepts (e.g., algorithm, data, model) and computational thinking techniques, a challenge is which of them are the most important (for the context given or in general) and thus are must for CS teaching.

One challenge concerns dealing with forms of knowledge required for successful CS teaching and their improvement. These forms are obviously related to content (C), technology (T), and pedagogy (P), and being able to use technology to teach content (e.g., loop structure) in a pedagogically sound way. This consideration brings us to the framework called technological pedagogical content knowledge (TPCK in short), whose features may be (school) subject dependent. Another challenge is how to develop CS teachers' TPCK. Because qualified CS teachers usually have a solid knowledge of technology, the main focus in TPCK development may be on knowledge of pedagogy (PK) and the knowledge forms it interacts with ($P \leftrightarrow CK$, $T \leftrightarrow PK$, and $P \leftrightarrow TCK$). It was found that PK (more precisely the quality of teaching methods) is crucial for the use of technology in Serbia in higher-secondary education in general and CS education in particular.