



Наташа З. Лалић-Вучетић¹

Снежана И. Мирков

Институт за педагошка истраживања, Београд, Србија

Прегледни рад

Мотивација за учење природних наука и математике: испознавање ТИМСС у Србији²

Резиме: Мотивација ученика је једна од афективних компоненти која има кључну улогу у изучавању науке. Испознавање указује да у развијеним земљама ојада интересовање ученика за науку и технологију. У овом раду проучавани су односи између интринзичне мотивације, селфконцепција и постојаности ученика четвртог разреда основне школе у математици и природним наукама. Приказани су резултати секундарних анализа података који су добијени у Србији путем уједињеника за ученике и њихова знања у последња два циклуса испознавања ТИМСС 2015 и 2019. Уједињеник садржи две скале у којима су операционализоване мотивационе варијабле: став ученика према математици/природним наукама и математичко/научно самопоуздање. Став ученика представља индикатор интринзичне мотивације, а самопоуздање је показатељ селфконцепција. Резултати показују да ученици изражавају високу мотивисаност за учење математике и природних наука и висок ниво селфконцепција. Виши ниво селфконцепција изражен је вишим нивоом мотивације за учење математике и природних наука. Индивидуалне карактеристике ученика више утичу на постојаност у односу на утицај школе и наставника. Ученици који изражавају позитивнији став према математици и природним наукама и виши ниво селфконцепција у овим областима остварују више постојаности. Посебно је значајан утицај математичког селфконцепција на постојаност. Добијени резултати у складу су са налазима ранијих испознавања који указују на комплексне и контроверзне односе између интринзичне мотивације, селфконцепција и математичког постојаности, као и да други конструкти, међу који-

¹ nlalic@ipi.ac.rs

² Напомена: Реализацију овог истраживања финансирало је Министарство науке, технолошког развоја и иновација Републике Србије (бр. уговора 451-03-47/2023-01/200018).

Copyright © 2023 by the authors, licensee Teacher Education Faculty University of Belgrade, SERBIA.

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original paper is accurately cited.

ма је селфконцеић, моћу йосредоваћи у везама моћивације са йосћићнућем. Указује се на моћућности за йодсћићцање моћивације за учење код ученика. Ако се ученици кроз йроцес насћаве осйосодбљавају да сами орћанизују своје акћивности, йо ће дойринейи њиховом доживљају аућиономије и развоју уверења о сойсћивеној комйейенцији, шћио йозийивно ућиче на моћивацију за учење.

Кључне речи: исћраживање ТИМСС, моћивација за учење, селфконцеић, маћемаћика, йриродне науке

Мотивација за научно образовање

Смислено учење подразумева активно стварање и модификацију структура знања, при чему ученици, када покушавају да науче нове научне концепте, користе постојеће шеме, знања, уверења и интересовања да би разумели и протумачили сваку нову информацију. То може довести до модификовања њихових постојећих идеја. Учење научних садржаја је често посматрано као процес „концептуалне промене” који може имати два облика – асимилација и акомодација (Palmer, 2005; Posner, Strike, Hewson and Gertzog, 1982). Промена почиње онда када је ученик незадовољан постојећом концепцијом, а наставља се кад ученик процени да је нова концепција разумљивија, смисленија и продуктивнија (Palmer, 2005; Hewson and Thorley, 1989). Осим метакогнитивних активности које олакшавају овај процес (Beeth and Hewson, 1999; White and Gunstone, 1989), мотивација је препозната као фактор који утиче на промену концепта и изградњу знања (Palmer, 2005).

Концептуалне промене у схватању учења у складу са конструктивистичком перспективом довеле су до стварања различитих модела наставе заснованих на конструктивизму. Мотивација ученика је једна од афективних компоненти која има кључну улогу у процесу концептуалних промена у учењу науке, развијању критичког мишљења и усавршавању научних вештина (Duit and Treagust, 2003; Lee and Brophy, 1996; Pintrich

et al., 1993; Strike and Posner, 1983; Tuan, Chin and Shieh, 2005).

Мотивација ученика утиче на њихов однос према науци и на постигнуће које остварују (Cavas, 2011; Chan and Norlizah, 2017). Они ученици који су високо мотивисани изражавају позитивније ставове према природним наукама и успешнији су у поређењу са осталим ученицима. Ученичко опажање сопствених способности за учење има важан утицај на њихове ставове према науци (Cavas, 2011). Истраживања ефеката мотивације показују да мотивација има веома снажан утицај на постигнуће ученика (Patrick et al., 2007) и да се на основу ње може предвидети академско постигнуће у науци (Oliver and Simpson, 1988).

Мотивација за учење и позитивни ставови доприносе развијању научне писмености ученика и трајног интересовања за науку и значајни су за усавршавање учења и учениково концептуално разумевање. Међународне студије показују да је заинтересованост за науку и технологију међу ученицима основних и средњих школа у западноевропским земљама ниска и опада, док је у многим земљама ван Европе, а посебно у земљама у развоју, интересовање у науци и технологији остало веома изражено (Van Griethuijsen et al., 2015). У покушајима да објасне недостатак интересовања за науку млађих ученика у западноевропским земљама, истраживачи наводе различите потенцијалне разлоге: застарели наставни планови и програми, недостатак

квалификованих наставника, стереотипно негативне слике научника, недостатак узора у науци, алтернативна религиозна објашњења и постмодерни напади на науку, као и неповерење према савременим опсежним и амбициозним научним истраживањима (Sjöberg and Schreiner, 2010).

Истраживања су показала да узраст између 10 и 14 година представља пресудни период, у коме деца формирају своје мишљење о науци (Bennett and Hogarth 2009; Osborne et al., 2003). Ученици млађи од 10 година углавном су заинтересовани за науку, али њихово интересовање или остаје високо или опада на даљим узрастима. Мишљења ученика о науци која су формирана до 14. године остају релативно стабилна током живота. Ученици доживљавају веома различита искуства ван школе која могу бити позитивнија у поређењу са искуствима која доживљавају у учионици (Akkerman and Van Eijck, 2013).

Научна писменост укључује и разумевање науке као форме људског сазнања и тога како наука обликује материјални и друштвени свет у којем људи живе (OECD, 2006; Baucal and Pavlović Babić, 2010). Осим когнитивних аспеката, научна писменост укључује и ставове, уверења, вредности и мотивационе аспекте. Однос ученика према предмету сматра се важном компонентом научне писмености (Kuzmanović, 2008). Садржаји природних наука могу бити тешки за учење због сложености ових наука и апстрактних појмова који могу бити непознати ученицима (Milanović-Nahod, Šaranović-Božanović i Šišović, 2003), што утиче на опадање заинтересованости ученика за природне науке. Савремена настава усмерена је не само на стицање знања и вештина него и на развијање интересовања за науку и на подстицање позитивних ставова код ученика према примени научне методологије (Ševkušić i Kartal, 2017). Новија истраживања показују да се ученици млађег школског узраста могу ефикасно ангажовати у спровођењу истраживања, прикупљању и анализирању података, креирању

и евалуирању научних модела и тако научити многе сложене појмове у области природних наука (Ševkušić i Kartal, 2017; Enyedy, Danish, Delacruz and Kumar 2012).

Настава природе и друштва на узрасту од 7 до 11 година сматра се погодном за започињање научног описмењавања. Упознавање себе, природног и друштвеног окружења и развијање способности за одговоран живот у њему постављени су као циљеви учења у настави предмета Свет око нас и Природа и друштво у основним школама у Србији (*Pravilnik o planu nastave i učenja za prvi ciklus osnovnog obrazovanja i vaspitanja i programu nastave i učenja za prvi razred osnovnog obrazovanja i vaspitanja*, 2017; *Pravilnik o programu nastave i učenja za drugi razred osnovnog obrazovanja i vaspitanja*, 2018; *Pravilnik o programu nastave i učenja za treći razred osnovnog obrazovanja i vaspitanja*, 2019; *Pravilnik o programu nastave i učenja za četvrti razred osnovnog obrazovanja i vaspitanja*, 2019).

Математика чини саставни део већине научних дисциплина и сматра се да су математичка знања неопходна за будуће проучавање науке (Douglas and Attewell 2017; Shapka et al. 2006). Истраживања показују да самопоуздање и селф-концепт ученика који су везани за математику могу утицати на намеру ученика да похађају научне курсеве током виших нивоа образовања (Betz and Hackett 1983; Lin et al., 2018; Sass and Kampa, 2019; Watt et al., 2017). Потврђено је да постоји повезаност између математичког и научног селф-концепта (Jansen et al., 2015), као и да ова повезаност може зависити од тога у којој мери ученик доживљава ове предмете као сличне (Helm et al., 2016). Осим тога, постоје узајамни утицаји између учениковог интринзичног вредновања науке и математике. Да би се боље разумели ставови ученика, као и да би се наставни приступи прилагодили различитим типовима ученика (Bae and DeBusk-Lane 2018; Watt et al., 2019), све се више примењује приступ усмерен на особу. Такав приступ усмерен је на појединца као на јединицу ана-

лизе и пружа могућност за дубљи увид у мотивациону динамику код различитих профила ученика (Watt et al., 2019).

Мотивациони конструкти у истраживању ТИМСС

У овом раду приказани су резултати секундарних анализа података који су добијени у два последња циклуса истраживања ТИМСС 2015 и 2019 на узорку ученика четвртог разреда основне школе у Србији. У претходним циклусима, иако су скалама биле обухваћене ставке које се односе на мотивацију, мотивациони конструкти били су у мањој мери теоријски засновани, и у складу са тим, мање прецизно операционализовани у скалама.³ Следи опис мотивационих конструката који су обухваћени истраживањем ТИМСС, а затим приказ начина на који су конструкти операционализовани у скалама којима су мерени у оба циклуса. Три мотивациона конструкта укључена су у истраживање ТИМСС почевши од 2015. године: селфконцепт, интринзична вредност и употребна вредност (корисност) математике и природних наука. Селфконцепт је повезан са очекивањима успеха, што представља аспект теорије очекиване вредности (Guo et al., 2015). Интринзична и употребна вредност одражавају интересовање које може бити у вези са доживљавањем личног смисла и важности, што указује на практични значај који појединац придаје математици и природним наукама (Wigfield and Eccles, 2000). У Србији

3 Базе података из последњег циклуса истраживања ТИМСС који је реализован у Србији 2019. године постале су доступне тек пошто су објављени званични извештаји, тако да су оригинални/изворни научни радови који су засновани на секундарним анализама били објављивани тек 2021. и 2022. године. Пре тога није било могуће реализовати преглед резултата о мотивационим конструктима који су добијени путем секундарних анализа. Ми смо се определили за последња два циклуса која су реализована у Србији имајући у виду два критеријума: актуелност података и теоријску заснованост и методолошку операционализацију конструката у скалама помоћу којих су они мерени.

је 2015. и 2019. обухваћен само узорак ученика четвртог разреда, а упитници за ученике четвртог разреда не садрже скале које мере употребну вредност математике и природних наука.

Уверења о способностима одражавају степен до којег појединац верује да је компетентан у одређеној области (Wigfield and Eccles, 2000). Постоји неколико начина за операционализацију уверења о способностима, укључујући самопоуздање, самоефикасност и селфконцепт (Zimmerman, 2000; Guo et al., 2017; Lee and Stankov, 2018). Скала под називом Учениково самопоуздање у математици/природним наукама представља меру селфконцепта у истраживању ТИМСС 2015 (Liou, 2017; Michaelides et al., 2019; Stankov and Lee, 2017), која се дефинише као „мера у којој се ученици осећају компетентно у одговарајућем домену” (Stankov, 2013). Селфконцепт је под утицајем повратних информација добијених од других и самоевалуација сопствених компетенција (Bong et al., 2012).

Селфконцепт и самоефикасност су међу најважнијим мотивационим предикторима образовних исхода. Метаанализе потврђују да је селфконцепт позитивно повезан са академским постигнућем (Hattie, 2009; Marsh and Martin, 2011), као и да постоје реципрочни утицаји (Marsh and Craven, 2006). Анализа података из истраживања ТИМСС 2011 (Liou, 2017) показала је да је селфконцепт у природним наукама јаче повезан са постигнућем у овим областима него корисност и интринзична вредност. У истраживању ТИМСС 2007 потврђено је да је виши ниво математичког селфконцепта повезан са намером адолесцената да остваре каријеру у областима које су повезане са математиком (Goldman and Penner, 2016). Анализа података из истраживања ПИСА 2006 показала је да научни селфконцепт посредује у позитивној вези између постигнућа и аспирације за научну каријеру (Nagengast and Marsh, 2012).

Интринзична вредност коју ученик придаје наставном предмету односи се на иску-

ство уживања и интересовања које појединац има током ангажовања у учењу (Eccles, 2005; Nagy et al., 2008). На основу интринзичног вредновања математике код адолесцената могуће је предвидети будуће учење математике (Watt et al., 2012). Уживање у учењу природних наука повезано је са намерама адолесцената да наставе проучавање науке (Ainley and Ainley, 2011a; Ainley and Ainley, 2011b; Guo et al., 2017). Налази истраживања који указују на опадање уживања у математици, односно интринзичног вредновања математике током адолесценције (Ahmed et al., 2013; Frenzel et al., 2009; Watt, 2004) забрињавају, с обзиром на важност интринзичне вредности за ангажовање у математици и науци (Ainley and Ainley, 2011a; Watt et al., 2012).

Упољредна вредности предмета / корисности односи се на начин на који ученик доживљава наставни предмет као користан, важан или применљив у другим контекстима (Watt, 2004). Начин на који ученици опажају подршку родитеља и наставника у учењу математике је важан предиктор начина на који ученици опажају вредност/корисност овог предмета (Chouinard et al., 2008).

Мотивациони конструкти у истраживању ТИМСС у различитим циклусима, у зависности од узраста ученика (четврти и/или осми разред основне школе), обухватају интринзичну и екстринзичну мотивацију и опажање сопствених компетенција за учење математике и природних наука. У тексту који следи бавимо се варијаблама које су укључене у упитнике за ученике четвртог разреда у циклусима истраживања ТИМСС 2015 и 2019: став ученика према предмету, који се односи на интринзичну мотивацију, и самопоуздање, које је показатељ ученичког опажања сопствених компетенција за учење испитиваних предмета. У ранијим циклусима истраживања ТИМСС коришћени су различити конструкти. У истраживању ТИМСС 2007 коришћен је конструкт Позитиван однос учени-

ка према математици и природним наукама (енг. *Index of student's positive affect toward mathematics – PATM* и енг. *Index of student's positive affect toward science – PATS*) (Mullis, Martin and Foy, 2008). У циклусу 2011 ове ставке су биле укључене у ширу скалу која мери привлачност математике и природних наука (Mullis et al., 2012).

У студији ТИМСС опажање сопствених компетенција је операционализовано кроз конструкт самопоуздања. Према Џиновић, Ђерић и Малинић (Džinović, Đerić i Malinić, 2021), на основу тврдњи којима је мерено самопоуздање у студији ТИМСС може се закључити да је овај конструкт веома сродан конструкту академског селфконцепта, који се односи на нечији доживљај себе као способног у одређеном домену (Bong and Skaalvik, 2003). Овај доживљај се формира на основу упоређивања са неким спољашњим стандардима постигнућа и успешности, на основу наших процена како нас други виде, претходних искустава у конкретној области и важности одређене области за појединца (Skaalvik and Skaalvik, 2002).

Мотивација као концепт уведена је у циклусу истраживања ТИМСС 2015 (Džinović i Vujačić, 2017). Скала мотивације за учење математике у истраживању 2015. представља једнодимензионалну варијаблу (Vesić, Džinović i Mirkov, 2021) и састоји се од девет ставки које мере самопроцену уживања у учењу математике, интересовање за градиво и афективни однос према садржајима који се уче. Џиновић и Вујачић (Džinović i Vujačić, 2017) извршили су анализу ставки и закључили да су поједине ставке у овој скали готово идентичне ставкама којима је унутрашња мотивација мерена у оквиру других релевантних скала, као што је Упитник о академској саморегулацији (енг. *Academic Self-Regulation Questionnaire – SRQ-A*) (Ryan and Connell, 1989).

Током временских циклуса запажа се постепена тенденција ка теоријски оправданијем избору тврдњи. Од 2015. године Хупер и сарадни-

ци су се ослонили на теорију самодетерминације да би описали мотивациони конструкт који је примењен у циклусима истраживања ТИМСС 2015 и 2019 (Hooper, Mullis and Martin, 2013; Hooper et al., 2017). Весић, Џиновић и Мирков (Vesić, Džinović i Mirkov, 2021) наводе да је у истраживању ТИМСС 2015 мотивација операционализована као интринзични доживљај уживања (Mullis et al., 2016a), што је у великој мери у складу са теоријом самодетерминације (Deci and Ryan, 1985a; Deci and Ryan, 1985b; Ryan and Deci, 2022).

Самопоуздање у математици мерено је у оба циклуса ТИМСС истраживања идентичном скалом од девет тврдњи. Став према математици 2015. је испитиван скалом која садржи девет тврдњи, а 2019. је додата још једна тврдња: Волим да решавам текстуалне задатке из математике (Džinović i Vujačić, 2017; Lalić-Vučetić, Ševkušić i Mirkov, 2021). За испитивање интринзичне мотивације ученика за учење природних наука коришћена је једнодимензионална скала Став ученика према природним наукама, која се састоји од девет тврдњи и испитује самопроцену уживања у учењу природних наука, заинтересованост и афективан став према наставним садржајима. Скала Самопоуздање у природним наукама испитује селфконцепт ученика у учењу природних наука, такође је једнодимензионална и садржи седам тврдњи које се односе на самопроцену сопствене успешности и тешкоће у учењу природних наука (Džinović i Vujačić, 2017; Ševkušić, Mirkov i Lalić-Vučetić, 2022).

Мотивациони конструкти и њихови међусобни односи: резултати у Србији

У тексту који следи биће приказани резултати секундарних анализа података о мотивационим варијаблама и њиховим односима са постигнућем које су ученици из Србије остварили на тестовима знања из математике и при-

родних наука у истраживању ТИМСС. Резултати који су добијени путем упитника за ученике у истраживању ТИМСС 2015 указују на релативно високу повезаност између мотивације и самоефикасности (Lalić-Vučetić i Mirkov, 2017). У математици, као и у природним наукама, виши ниво самоефикасности праћен је вишим нивоом мотивације за учење. Ауторка Гутвајн и сарадници (Gutvajn, Kovačević Lepojević i Mišćević, 2021) наводе да сви аспекти мотивације и самопоуздања међусобно корелирају позитивно у истраживању ТИМСС 2019. Ауторка Јапелј Павеша и сарадници (Japelj Pavešić, Radović and Brese, 2022) истичу да у циклусу ТИМСС 2019 у Србији, као и у другим земљама динарског региона, они ученици који изражавају виши ниво самопоуздања имају и позитивније ставове према математици и природним наукама.

У оквиру истраживања повезаности самоверења ученика са њиховим постигнућем на ТИМСС тестовима знања из математике и природних наука 2015. Џиновић и Вујачић (Džinović i Vujačić, 2017) установили су да је селфконцепт повезан са унутрашњом мотивацијом. Слични резултати о повезаности између мотивације и самопоуздања, како у математици, тако и у природним наукама, добијени су у истраживању ТИМСС 2019 у Србији (Džinović, Đerić i Malinić, 2021). Џиновић и Вујачић (Džinović i Vujačić, 2017) интерпретирају повезаност између мотивације и самопоуздања на следећи начин. Доживљај ученика да су успешни у некој области доприноси развоју аутентичне, унутрашње заинтересованости особе за бављење одговарајућим садржајима. С друге стране, дубље и комплексније бављење нечим, као последица снажније мотивације, доприноси већем успеху, а тиме и већем самопоуздању и доживљају сопствених способности у датој области.

Приступ усмерен на особу примењен је у испитивању структуре мотивационих профи-

ла ученика на основу података из истраживања ТИМСС 2019 у Србији (Lalić-Vučetić, Ševkušić i Mirkov, 2021). Према добијеним налазима, ученици из Србије у просеку изражавају сличне нивое доживљаја самоефикасности и става према математици, који представља индикатор интринзичне мотивације. Висока корелација између става према математици и самопоуздања потврђује да ове две варијабле, иако нису идентичне, чине један мотивациони конструкт. Позитивнији став ученика према математици праћен је њиховом већом вером у сопствене способности за учење математике. Образац преклапања вредности две мотивационе варијабле потврђен је и у другим испитивањима на узорку старијих ученика (Marsh and Craven, 2006). Ипак, на узорку ученика четвртог разреда основне школе из различитих земаља (Michaelides, Brown, Eklöf and Panastasiou, 2019) утврђено је да у свакој анализи постоји бар један мотивациони профил у коме две варијабле имају различите вредности.

На основу података који су добијени 2019. у Србији идентификована су три мотивациона профила у математици (Lalić-Vučetić, Ševkušić i Mirkov, 2021). Око петине испитаног узорка ученика изражава изузетно високу интринзичну мотивацију и изузетно високу самоефикасност за учење математике. Нешто мање од половине ученика изражава високу интринзичну мотивацију и доживљај компетентности за учење математике, а исто толико њих изражава умерену или ниску интринзичну мотивацију и доживљај компетентности за учење овог предмета. Број ученика који изражавају изузетно високе вредности на обе мотивационе варијабле 2019. године се смањило у односу на 2015. годину, док се број ученика у друга два профила које одликују високе, односно умерене или ниске вредности сразмерно повећао у том периоду.

Када је реч о природним наукама, испитивање мотивационих профила ученика које је извршено на подацима добијеним 2019

(Ševkušić, Mirkov i Lalić-Vučetić, 2022) показало је да испитани ученици извештавају о нешто вишем нивоу самоефикасности у односу на ниво интринзичне мотивације за учење. Интринзична мотивација ученика високо је повезана са њиховим доживљајем самоефикасности. Виши ниво самоефикасности праћен је вишим нивоом мотивације. Ученици млађег школског узраста су релативно високо мотивисани за учење природних наука.

Да би се стекао дубљи увид у различите аспекте мотивације, анализирани су одговори ученика на поједине тврдње из упитника ТИМСС 2015 (Lalić-Vučetić i Mirkov, 2017). Ученици четвртог разреда основне школе изражавају високу мотивисаност за учење математике и природних наука, као и високо изражен доживљај самоефикасности. Највећи број ученика истиче занимљивост садржаја оба предмета, истраживачки приступ у природним наукама и решавање проблема у математици. Ученици имају високо изражен доживљај самоефикасности у математици и у природним наукама. Добијени налази указују на позитивне самопроцене, на одсуство тешкоћа и на одсуство анксиозности у учењу математике. Кад је реч о природним наукама, преко 90% ученика доживљава себе као успешног у учењу природних наука. Осим тога, занимљиво је да ученици из Србије 2019. године показују тенденцију да у мањој мери уживају у учењу математике и да изражавају нижи ниво самопоуздања у природним наукама у поређењу са ученицима из других земаља (Japelj Pavešić, Radović and Brese, 2022).

Мотивациони конструкти као чиниоци постигнућа ученика у Србији

У различитим секундарним анализама података који су добијени у Србији испитивани су и односи мотивационих варијабли са постигнућем ученика на тестовима знања у

последња два циклуса истраживања ТИМСС. На основу хијерархијског линеарног моделовања установљено је да индивидуалне карактеристике ученика објашњавају преко 80% варијансе у постигнућу које ученици остварују на тесту знања из математике у истраживању ТИМСС 2015, док је утицај школе и наставника на постигнуће из математике веома ограничен (Јакшић, Марушић Јаблановић и Гутвајн, 2017). Позитивни ставови према математици су међу најзначајнијим предикторима постигнућа.

Јошић и сарадници (Јошић, Теодоровић и Јакшић, 2021) испитивали су различите чиниоце који утичу на постигнуће ученика у математици и природним наукама у оквиру истраживања ТИМСС 2019 у Србији. Као изразито важан предиктор постигнућа издвојено је математичко самопоуздање, а позитиван став према математици такође доприноси вишем постигнућу из математике. У области природних наука самопоуздање и став ученика према природним наукама представљају значајне предикторе постигнућа које ученици остварују у овој области. Математичко самопоуздање објашњава већи проценат варијансе математичког постигнућа у поређењу са доприносом научног самопоуздања постигнућу у природним наукама. Међу факторима који утичу на постигнуће у обе области најзначајнији су ученички фактори, што је потврђено у сличним студијама (Creemers and Kyriakides, 2008; Hattie, 2009).

Јошић и сарадници (Јошић, Теодоровић и Јакшић, 2021) извршили су упоређивање налаза који су добијени у истраживању ТИМСС 2019 у домену математике и природних наука са налазима из 2015. у домену математике (Јакшић, Марушић Јаблановић и Гутвајн, 2017). У оба ТИМСС циклуса доминантни су ефекти индивидуалних фактора, док су ефекти наставних и школских варијабли на постигнуће веома мали. Уверења ученика о математици и природним наукама имају снажне ефекте на постигнуће

које остварују у овим предметима. Посебно је значајан утицај математичког самопоуздања на постигнуће у математици.

Анализирани су односи између селф-концепта, унутрашње мотивације, пола и постигнућа ученика на тестовима знања ТИМСС 2015 из математике и природних наука (Džinović i Vujačić, 2017). Потврђено је да је селфконцепт најснажнији предиктор постигнућа на тестовима знања из математике, што је у складу са налазима ранијих истраживања (Abu-Hilal, 2000; Akey, 2006). Математички селфконцепт је далеко значајнији предиктор постигнућа у математици у истраживању ТИМСС 2015 у односу на унутрашњу мотивацију. У области природних наука селфконцепт је још значајнији предиктор постигнућа ученика од унутрашње мотивације. Унутрашња мотивација ипак доприноси предвиђању постигнућа у природним наукама. Налази које су добили Џиновић и Вујачић (Džinović i Vujačić, 2017), према којима унутрашња мотивација има слаб утицај на постигнуће ученика у математици и природним наукама, конзистентни су са налазима сличних истраживања (Köller, Baumert and Schnabel, 2001; Marsh et al., 2005). Џиновић и Вујачић (Džinović i Vujačić, 2017) закључују да доживљај себе као доброг математичара више мотивише ученике и више утиче на њихово математичко постигнуће него што је то случај у природним наукама. Сматрају да разлог за то може бити позиционирање математике као предмета чији су садржаји корисни за учење других предмета и за снажење у различитим животним ситуацијама.

Резултати анализа које су извршили Весић и сарадници (Vesić, Džinović i Mirkov, 2021) показали су да мотивација за учење математике и математички селфконцепт значајно доприносе предвиђању постигнућа и објашњавају приближно четвртину варијансе у постигнућу ученика на ТИМСС тестовима 2015. Селф-

концепт позитивно доприноси предикцији постигнућа, док је допринос мотивације негативан. Потврђено је да математички селфконцепт представља солидан предиктор постигнућа на тесту знања из математике, што је у складу са налазима који су добијени у претходним циклусима истраживања ТИМСС у Србији (Mirkov et al., 2011; Milošević et al., 2005). У другим истраживањима (Akey, 2006; Abu-Hilal, 2000; Džinović i Vujačić, 2017; Mullis et al., 2008; Mullis et al., 2012) доследно се потврђује важност селфконцепта у разумевању различитих образовних исхода. Налази појединих истраживања указују да је веза између мотивације и постигнућа посредована неким другим конструктима, као што су самоефикасност ученика или емоционална подршка коју пружају наставници (Skaalvik et al., 2015). Налази који су добили Весић и сарадници (Vesić, Džinović i Mirkov, 2021) у складу су са налазима других истраживања који указују да је опажање компетенције јачи предиктор математичког постигнућа него што је то интринзична мотивација (Bong et al., 2012; Kriegbaum Jansen and Spinath, 2015; Spinath et al., 2006), чак и на млађем основношколском узрасту (Prast et al., 2018).

Ауторка Лалић-Вучетић и сарадници (Lalić-Vučetić, Ševkušić i Mirkov, 2021) наводе бројна истраживања која су показала да су везе између компонената мотивације ученика и њиховог постигнућа често нејасне и слабог интензитета (Marsh and Craven, 2006; Ryan and Deci, 2009; Skaalvik, Federici and Klassen, 2015; Vesić, Džinović i Mirkov, 2021). У испитивању односа мотивационих профила ученика из Србије са постигнућем које су остварили на тестовима знања из математике у истраживању ТИМСС 2015 и 2019 (Lalić-Vučetić, Ševkušić i Mirkov, 2021) примењен је приступ усмерен на особу и идентификовани су профили ученика који су засновани на различитим комбинацијама мотивационих варијабли за учење математике. Добијени налази потврђују да се ученици који

припадају различитим мотивационим профилима значајно разликују и у односу на остварено постигнуће у математици, како 2015, тако и 2019. године (Lalić-Vučetić, Ševkušić i Mirkov, 2021). Високо интринзично мотивисани ученици који изражавају изузетно висок математички селфконцепт остварили су највише просечно постигнуће на тесту знања. Емпиријски докази о повезаности високих вредности самопоуздања и става према математици са вишим математичким постигнућем ученика добијени су и у другом истраживању у коме су коришћени подаци из ранијих ТИМСС циклуса (Michaelides et al., 2019).

Испитивања односа мотивационих профила са постигнућем ученика из природних наука у истраживању ТИМСС 2019 и 2015 (Ševkušić, Mirkov i Lalić-Vučetić, 2022) показују да највише постигнуће остварују ученици који изражавају највиши ниво самоефикасности и умерену интринзичну мотивацију. У односу на међународне референтне вредности ови ученици су остварили постигнуће које одговара високом нивоу. То сугерише да је њихово знање квалитетније јер умеју да примењују знања из природних наука у свакодневним животним ситуацијама, што је важан аспект научне писмености. Током периода између два циклуса истраживања смањено се број ученика који су веома мотивисани за учење природних наука, који изражавају веома висок доживљај самоефикасности и остварују високо постигнуће. У исто време повећао се број ученика који су ниско интринзично мотивисани, изражавају низак доживљај самоефикасности, а притом остварују најниже постигнуће.

Налази о позитивној корелацији самопоуздања са постигнућем ученика из Србије 2019. у складу су са налазима који су добијени у другим земљама динарске регије (Japelj Pavešić, Radović and Brese, 2022). Везе ставова ученика према математици и природним наукама са постигнућем су слабије у односу на везе

самопоуздања са постигнућем. Добијени налази указују на сличне односе између мотивације за учење и постигнућа код ученика широм региона. Доследно се потврђује да је самопоуздање у математици јачи корелат постигнућа него став према математици (Lee and Chen, 2019). Слични резултати добијени су у претходним ТИМСС студијама (Mullis et al., 2016b). Ауторка Јапел Павешић и сарадници (Japelj Pavešić, Radović and Brese, 2022) сматрају да то може бити последица чињенице да скале које мере самопоуздање укључују ученичку самовалуацију сопственог знања у одговарајућем предмету. Ученичка процена сопствених способности вероватно је заснована на претходно добијеним повратним информацијама о њиховом успеху у одређеном предмету, и зато се може очекивати да та процена буде у складу са њиховим постигнућем које је мерено.

Ка подстицању мотивације ученика за учење природних наука и математике

Мотивација ученика је једна од афективних компоненти која има кључну улогу у учењу математике и природних наука. Мотивација и позитивни ставови према учењу доприносе развијању научне писмености ученика и трајног интересовања за науку и значајни су за унапређивање процеса учења, као и постигнућа која ученици остварују. Опадање броја ученика који се опредељују за студије математике и природних наука представља важан проблем јер се развој друштва све више ослања на достигнућа у областима природних наука, технологије и математике (Kennedy et al., 2014).

Анализе података који су добијени у истраживању ТИМСС 2019 у Србији показале су да испитани ученици извештавају о нешто вишем нивоу селфконцепта у односу на ниво интринзичне мотивације за учење. Ученици су релативно високо мотивисани за учење природ-

них наука. У периоду између два испитивана циклуса смањено се број ученика који изражавају изузетно високе вредности селфконцепта и интринзичне мотивације у математици и природним наукама, док се број ученика које одликују ниже вредности на обе варијабле сразмерно повећао. Закључено је да су у оба циклуса интринзична мотивација и селфконцепт релативно високо повезани. У математици и у природним наукама виши ниво селфконцепта праћен је вишим нивоом мотивације за учење.

У оба испитивана циклуса индивидуалне карактеристике ученика чине велики удео варијансе који утиче на постигнуће ученика у математици и природним наукама. У оквиру анализа у којима је обухваћен већи број чињилаца постигнућа у групи ученичких фактора издвојили су се математички/научни селфконцепт и став према математици/природним наукама. Ученици који имају позитиван став према математици и природним наукама и који имају виши ниво селфконцепта у овим областима остварују више постигнуће. Потврђено је да је селфконцепт најснажнији предиктор постигнућа на тестовима знања из математике и природних наука, док унутрашња мотивација има слабији утицај на постигнуће ученика на тестовима знања из оба предмета. Ученици који су уверени у то да не могу да буду успешни у математици и у природним наукама не ангажују се адекватно у учењу ових предмета, што утиче и на постигнуће које ће остварити (Džinović i Vujačić, 2017).

Слабије везе између интринзичне мотивације и академског постигнућа могле би указивати на то да успех више зависи од позитивног самоопажања него од воље за учењем. Чак и ако интринзична мотивација није директно повезана са академским постигнућем на млађем основношколском узрасту, њен значај може бити све већи на вишим нивоима школовања (Michaelides et al., 2019). На узорку ученика из

Србије потврђен је значај математичког и научног селфконцепта за остваривање постигнућа, што је у складу са налазима који су добијени у другим земљама у окружењу. Резултати метаанализа такође указују на везе селфконцепта са академским постигнућем (Hattie 2009; Marsh and Martin 2011), као и да постоје реципрочни утицаји (Marsh and Craven, 2006). Ученичка процена сопствених способности у одређеној мери се заснива на претходно добијеним повратним информацијама о успеху у одређеном предмету, и зато се може очекивати да та процена буде у складу са постигнућем које је мерено у истраживању ТИМСС (Japelj Pavešić, Radović and Brese, 2022).

Предвиђа се да ће у будућности постајати све значајније професије у областима које интегришу математику и природне науке (Berger, Mackenzie and Holmes, 2020; Douglas and Attewell, 2017). У том смислу важно је да наставници узимају у обзир важност ставова ученика према овим предметима. Имајући у виду да мотивациони профили ученика могу бити различити, наставници математике и природних наука треба да прилагоде своје приступе настави како би подстакли унутрашњу мотивацију ученика, њихова уверења о сопственим способностима за учење и опажање практичног значаја ових предмета.

Да би ученици конструисали нова знања, важно је да увиде вредност природно-научних и математичких садржаја учења како би се ангажовали у решавању задатака у настави ових предмета. Нова, неподударна или необична искуства подстичу радозналост ученика. На пример, да би се привукла пажња ученика у настави природних наука, могу се демонстрирати догађаји који садрже несклад, неочекиване ефекте или изненађујуће обрте (Palmer, 2005;

Banet and Nunez, 1997; Nussbaum and Novick, 1982). Ученици ће бити мотивисани када сами контролишу своје понашање, зато што то доприноси њиховом доживљају самодетерминације и аутономије (Ryan and Deci, 2000), као и развоју уверења о сопственој компетенцији.

С обзиром на то да се настава природе и друштва сматра погодном за започињање научног описмењавања, важно је да наставници који реализују наставу природних наука, осим познавања научних дисциплина, овладају и савременим теоријама учења и наставе. Наставни садржаји треба да буду тако логички структурирани да омогуће ученицима да постепено, уз помоћ наставника, кроз научно истоврсне активности овладају унутрашњом структуром научних знања (Radović, 2015; Marušić Jablanović i Blagdanić, 2019).

Ограничења овог рада односе се на узорак истраживања који обухвата само четврти разред основне школе, јер су у последња два циклуса ТИМСС обухваћени само ученици овог узраста. Такође, треба имати у виду да су овим радом обухваћене само анализе одговора ученика на мотивационим скалама из упитника за ученике. Да би се обезбедио континуитет у унапређивању наставе природних наука и математике, важно је да се будућим истраживањима обухвати узорак старијих ученика. То би омогућило да се утврди да ли током развоја и са преласком на предметну наставу долази до промена у структури мотивационих профила ученика. Када размишљамо о методологији будућих истраживања, било би корисно да се на основу посматрања часова и других метода стекне прецизнији увид у поступке које наставници примењују за мотивисање ученика на часовима, као и значења која наставници придају тим поступцима.

Литература

- Abu-Hilal, M. M. (2000). A Structural Model of Attitudes toward School Subjects, Academic Aspirations, and Achievement. *Educational Psychology*. 20, 75–84. <https://doi.org/10.1080/014434100110399>
- Ahmed, W., Van der Werf, G., Kuyper, H. and Minnaert, A. (2013). Emotions, self-regulated learning, and achievement in mathematics: A growth curve analysis. *Journal of Educational Psychology*. 105 (1), 150–161. <https://doi.org/10.1037/a0030160>
- Ainley, M. and Ainley, J. (2011a). A cultural perspective on the structure of student interest in science. *International Journal of Science Education*. 33 (1), 51–71. <https://doi.org/10.1080/09500693.2010.518640>.
- Ainley, M. and Ainley, J. (2011b). Student engagement with science in early adolescence: The contribution of enjoyment to students' continuing interest in learning about science. *Contemporary Educational Psychology*. 36 (1), 4–12. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2010.08.001>
- Akkerman, S. F. and Van Eijck, M. (2013). Re-theorizing the student dialogically across and between boundaries of multiple communities. *British Educational Research Journal*. 39 (1), 60–72.
- Akey, T. M. (2006). *School Context, Student Attitudes and Behavior, and Academic Achievement: An Exploratory Analysis*. New York: MDRC. Retrieved from <http://www.mdrc.org/publications/419/full.pdf> Abu-Hilal, 2000
- Bae, C. L. and DeBusk-Lane, M. (2018). Motivation belief profiles in science: Links to classroom goal structures and achievement. *Learning and Individual Differences*. 67, 91–104. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2018.08.003>.
- Banet, E. and Núñez, F. (1997). Teaching and learning about human nutrition: A constructivist approach. *International Journal of Science Education*. 19, 1169–1194.
- Baucal, A. i Pavlović Babić, D. (2010). *Nauči me da mislim, nauči me da učim: PISA 2009 u Srbiji – prvi rezultati* [Teach me to think, teach me to speak. PISA 2009 in Serbia – first results]. Beograd: Centar za primenjenu psihologiju.
- Beeth, M. E. and Hewson, P. W. (1999). Learning goals in an exemplary science teacher's practice: Cognitive and social factors in teaching for conceptual change. *Science Education*. 83, 738–760.
- Bennett, J., and Hogarth, S. (2009). Would YOU want to talk to a scientist at a party? High school students' attitudes to school science and to science. *International Journal of Science Education*. 31 (14), 1975–1998.
- Berger, N., Mackenzie, E. and Holmes, K. (2020). Positive attitudes towards mathematics and science are mutually beneficial for student achievement: A latent profile analysis of TIMSS 2015. *The Australian Educational Researcher*. 47, 409–444.
- Betz, N. E. and Hackett, G. (1983). The relationship of mathematics self-efficacy expectations to the selection of science-based college majors. *Journal of Vocational Behavior*. 23 (3), 329–345. [https://doi.org/10.1016/0001-8791\(83\)90046-5](https://doi.org/10.1016/0001-8791(83)90046-5).
- Bong, M. and Skaalvik, E. M. (2003). Academic self-concept and self-efficacy: How different are they really. *Educational Psychology review*. 15 (1), 1–39.
- Bong, M., Cho, C., Ahn, H. S. and Kim, H. J. (2012). Comparison of self-beliefs for predicting student motivation and achievement. *The Journal of Educational Research*. 105 (5), 336–352. <https://doi.org/10.1080/0220671.2011.627401>

- Chan, Y. L. and Norlizah, C. H. (2017). Students' Motivation towards Science Learning and Students' Science Achievement. *International Journal of Academic Research in Progressive Education and Development*. 6 (4), 174-189.
- Cavas, P. (2011). Factor affecting the motivation of Turkish primary students for science learning. *Science Education International*. 22 (1), 31-42.
- Chouinard, R. and Roy, N. (2008). Changes in high-school students' competence beliefs, utility value and achievement goals in mathematics. *British Journal of Educational Psychology*. 78 (1), 31-50. <https://doi.org/10.1348/000709907X197993>.
- Creemers, B. P. M. and Kyriakides, L. (2008). *The dynamics of educational effectiveness: A contribution to policy, practice and theory in contemporary schools*. London: Routledge.
- Deci, E. L. and Ryan, R. M. (1985a). The general causality orientations scale: self-determination in personality. *Journal of Research in Personality*. 198 (1), 109-134.
- Deci, E. L. and Ryan, R. M. (1985b). *Intrinsic Motivation and Self-Determination in Human Behavior*. New York: Plenum Press.
- Douglas, D. and Attewell, P. (2017). School mathematics as gatekeeper. *The Sociological Quarterly*. 58 (4), 648-669. <https://doi.org/10.1080/00380253.2017.1354733>
- Duit, R. and Treagust, D. F. (2003). Conceptual change: A powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*. 25, 671-688.
- Džinović, V. i Vujačić, M. (2017). Samouverenja učenika o kompetentnosti u matematici i prirodnim naukama. U: Marušić Jablanović, M., Gutvajn, N. i Jakšić, I. (ur.). *TIMSS 2015 u Srbiji: Rezultati međunarodnog istraživanja postignuća učenika 4. razreda osnovne škole iz matematike i prirodnih nauka* (115-127). Beograd: Institut za pedagoška istraživanja.
- Džinović, V., Đerić, I. i Malinić, D. (2021). Kako aspiracije roditelja i razvojno-podsticajne aktivnosti utiču na samopouzdanje i motivaciju dece za učenje matematike i prirodnih nauka? U: Đerić, I., Gutvajn, N., Jošić, S. i Ševa, N. (ur.). *TIMSS 2019 u Srbiji: rezultati međunarodnog istraživanja postignuća učenika četvrtog razreda osnovne škole iz matematike i prirodnih nauka* (145-160). Beograd: Institut za pedagoška istraživanja.
- Eccles, J. S. (2005). Studying gender and ethnic differences in participation in math, physical science, and information technology. *New Directions for Child and Adolescent Development*. 110, 7-14. <https://doi.org/10.1002/cd.146>.
- Enyedy, N., Danish, J. A., Delacruz, G. and Kumar, M. (2012). Learning physics through play in an augmented reality environment. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*. 7 (3), 347-378. <https://doi.org/10.1007/s11412-012-9150-3>.
- Frenzel, A. C., Goetz, T., Lüdtke, O., Pekrun, R. and Sutton, R. E. (2009). Emotional transmission in the classroom: Exploring the relationship between teacher and student enjoyment. *Journal of Educational Psychology*. 101 (3), 705-716. <https://doi.org/10.1037/a0014695>.
- Goldman, A. D. and Penner, A. M. (2016). Exploring international gender differences in mathematics self-concept. *International Journal of Adolescence and Youth*. 21 (4), 403-418. <https://doi.org/10.1080/02673843.2013.847850>.

- Guo, J., Marsh, H. W., Parker, P. D., Morin, A. J. S. and Yeung, A. S. (2015). Expectancy-value in mathematics, gender and socioeconomic background as predictors of achievement and aspirations: A multi-cohort study. *Learning and Individual Differences*. 37, 161–168. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2015.01.008>.
- Guo, J., Marsh, H. W., Parker, P. D., Morin, A. J. S. and Dicke, T. (2017). Extending expectancy-value theory predictions of achievement and aspirations in science: Dimensional comparison processes and expectancy-by-value interactions. *Learning and Instruction*. 49, 81–91. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2016.12.007>
- Gutvajn, N., Kovačević Lepojević, M. i Mišćević, G. (2021). Školska klima i motivacija za učenje matematike i prirodnih nauka: medijacija vršnjačkog nasilja. U: Đerić, I., Gutvajn, N., Jošić, S. i Ševa, N. (ur.). *TIMSS 2019 u Srbiji: rezultati međunarodnog istraživanja postignuća učenika četvrtog razreda osnovne škole iz matematike i prirodnih nauka* (107–123). Beograd: Institut za pedagoška istraživanja.
- Helm, F., Mueller-Kalthof, H., Nagy, N. and Möller, J. (2016). Dimensional comparison theory: Perceived subject similarity impacts on students' self-concepts. *AERA Open*. 2 (2), 1–9. <https://doi.org/10.1177/2332858416650624>
- Hattie, J. A. C. (2009). *Visible learning: A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*. London, UK: Routledge.
- Hewson, P. W. and Thorley, N. R. (1989). The conditions of conceptual change in the classroom. *International Journal of Science Education*. 11, 541–553.
- Hooper, M., Mullis, I. V. S. and Martin, M. O. (2013). TIMSS 2015 context questionnaire framework. In: Mullis, I. V. S. and Martin, M. O. (Eds.), *TIMSS 2015 assessment frameworks* (61–82). Chestnut Hill, MA: TIMSS & PIRLS International Study Center, Boston College. Retrieved December 14, 2022. from [www: http://timssandpirls.bc.edu/timss2015/frameworks.html](http://timssandpirls.bc.edu/timss2015/frameworks.html).
- Hooper, M., Mullis, I. V. S., Martin, M. O. and Fishbein, B. (2017). TIMSS 2019 context questionnaire framework. In: Mullis, I. V. S. and Martin, M. O. (Eds.). *TIMSS 2019 assessment frameworks* (57–78). Chestnut Hill, MA: TIMSS & PIRLS International Study Center, Boston College. Retrieved December 14, 2022. from [www: http://timssandpirls.bc.edu/timss2019/frameworks/](http://timssandpirls.bc.edu/timss2019/frameworks/).
- Jakšić, I., Marušić Jablanović, M. i Gutvajn, N. (2017). Činioci postignuća učenika iz Srbije u oblasti matematike. U: Marušić Jablanović, M., Gutvajn, N. i Jakšić, I. (ur.). *TIMSS 2015 u Srbiji: Rezultati međunarodnog istraživanja postignuća učenika 4. razreda osnove škole iz matematike i prirodnih nauka* (67–94). Beograd: Institut za pedagoška istraživanja.
- Jansen, M., Schroeders, U., Lüdtke, O. and Marsh, H. W. (2015). Contrast and assimilation effects of dimensional comparisons in five subjects: An extension of the I/E model. *Journal of Educational Psychology*. 107 (4), 1086–1101. <https://doi.org/10.1037/edu0000021>
- Japelj Pavešić, B., Radović, M. and Brese, F. (2022). Students' Interests, Motivation and Self-beliefs. In: Japelj Pavešić, B., Koršnakova, P. and Meinck, S. (Eds.). *Dinaric Perspectives on TIMSS 2019: Teaching and Learning Mathematics and Science in South-Eastern Europe* (65–100). European Commission, IEA, Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-85802-5>
- Jošić, S., Teodorović, J. i Jakšić, I. (2021). Faktori postignuća učenika iz matematike i prirodnih nauka: TIMSS 2019 u Srbiji. U: Đerić, I., Gutvajn, N., Jošić, S. i Ševa, N. (ur.). *TIMSS 2019 u Srbiji: rezultati međunarodnog istraživanja postignuća učenika četvrtog razreda osnovne škole iz matematike i prirodnih nauka* (45–65). Beograd: Institut za pedagoška istraživanja.

- Kennedy, J., Lyons, T. and Quinn, F. (2014). The continuing decline of science and mathematics enrolments in Australian high schools. *Teaching Science*. 60 (2), 34–46.
- Köller, O., Baumert, J. and Schnabel, K. (2001). Does interest matter? The relationship between academic interest and achievement in mathematics. *Journal for Research in Mathematics Education*. 32 (5), 448–470.
- Kriegbaum, K., Jansen, M. and Spinath, B. (2015). Motivation: A predictor of PISA's mathematical competence beyond intelligence and prior test achievement. *Learning and Individual Differences*. 43, 140–148. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2015.08.026>
- Kuzmanović, D. (2008). *Konceptualni okvir i empirijski pokazatelji naučne pismenosti u međunarodnoj evaluaciji postignuća učenika* (neobjavljen diplomski rad). Beograd: Filozofski fakultetu u Beogradu.
- Lalić-Vučetić, N. and Mirkov, S. (2017). Learner motivation, perception of the primary school teachers' practices, and students' experience of self-efficacy in mathematics and science. *Teaching Innovations*. 30 (2), 29–48. DOI: 10.5937/inovacije1702029L
- Lalić-Vučetić, N., Ševkušić, S. i Mirkov, S. (2021). Motivacioni profili učenika u matematici: TIMSS 2019. U: Đerić, I., Gutvajn, N., Jošić, S. i Ševa, N. (ur.). *TIMSS 2019 u Srbiji: Rezultati međunarodnog istraživanja postignuća učenika četvrtog razreda osnovne škole iz matematike i prirodnih nauka* (125–144). Beograd: Institut za pedagoška istraživanja.
- Lee, J. and Chen, M. (2019). Cross-Country Predictive Validities of Non-cognitive Variables for Mathematics Achievement: Evidence based on TIMSS 2015, *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*. 15 (8), em1725. <https://doi.org/10.29333/ejmste/106230>
- Lee, O. and Brophy, J. (1996). Motivational patterns observed in sixth-grade science classrooms. *Journal of Research in Science Teaching*. 33, 303–318.
- Lee, J. and Stankov, L. (2018). Non-cognitive predictors of academic achievement: Evidence from TIMSS and PISA. *Learning and Individual Differences*. 65, 50–64. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2018.05.009>
- Lin, L., Lee, T. and Snyder, L. A. (2018). Math self-efficacy and STEM intentions: A person-centered approach. *Frontiers in Psychology*. 9, 1–13. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.02033>
- Liou, P.-Y. (2017). Profiles of adolescents' motivational beliefs in science learning and science achievement in 26 countries: Results from TIMSS 2011 data. *International Journal of Educational Research*. 81, 83–96. <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2016.11.006>
- Marsh, H. W., Trautwein, U., Ludtke, O., Köller, O. and Baumert, J. (2005). Academic self-concept, interest, grades, and standardized test scores: reciprocal effects models of causal ordering. *Child Development*. 76 (2), 397–416.
- Marsh, H. W. and Craven, R. G. (2006). Reciprocal effects of self-concept and performance from a multidimensional perspective: Beyond seductive pleasure and unidimensional perspectives. *Perspectives on Psychological Science*. 1 (2), 133–163. <https://doi.org/10.1111/j.1745-6916.2006.00010.x>.
- Marsh, H. W. and Martin, A. J. (2011). Academic self-concept and academic achievement: Relations and causal ordering. *British Journal of Educational Psychology*. 81 (1), 59–77. <https://doi.org/10.1348/000709910X503501>.
- Marušić Jablanović, M. i Blagdanić, S. (2019). *Kada naučno postane naučeno: prirodno-naučno opismenjanje u teoriji, istraživanjima i nastavnoj praksi*. Beograd: Učiteljski fakultet Univerziteta u Beogradu - Institut za pedagoška istraživanja.

- Michaelides, M. P., Brown, G. T. L., Eklöf, H. and Papanastasiou, C. (2019). *Motivational Profiles in TIMSS mathematics: Exploring Student Clusters across Countries and Time*. Amsterdam: IEA & Springer Open. Retrieved October 21, 2020. from www: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-26183-2>
- Milanović-Nahod, S., Šaranović-Božanović, N. i Šišović, D. (2003) Uloga pojmova u nastavi prirodnih nauka. *Zbornik Instituta za pedagoška istraživanja*. 35, 111-130.
- Milošević, N., Džinović, V., i Pavlović, J. (2005). Učenici o porodičnom i školskom kontekstu [Students on family and school contexts]. U: Antonijević, R. i Janjetović, D. (prir.). *TIMSS 2003 u Srbiji* (292-326). Beograd: Institut za pedagoška istraživanja.
- Mirkov, S., Lalić-Vučetić, N. i Đerić, I. (2011). Porodični resursi i postignuće učenika. *TIMSS 2007 u Srbiji*. Beograd: Institut za pedagoška istraživanja.
- Mullis, I. V. S., Martin, M. O. and Foy, P. (2008). *TIMSS 2007 International Mathematics Report: Findings from IEA's Trends in International Mathematics and Science Study at the Fourth and Eighth Grades*. Boston: TIMSS and PIRLS International Study Center, Lynch School of Education, Boston College and International Association for the Evaluation of Educational Achievement.
- Mullis, I. V. S., Martin, M. O., Foy, P. and Arora, A. (2012). *TIMSS 2011 international results in mathematics*. Boston: TIMSS and PIRLS International Study Center, Lynch School of Education, Boston College and International Association for the Evaluation of Educational Achievement.
- Mullis, I. V. S., Martin, M. O., Foy, P. and Hooper, M. (2016a). *TIMSS 2015 International Results in Mathematics*. Boston: TIMSS and PIRLS International Study Center, Lynch School of Education, Boston College and International Association for the Evaluation of Educational Achievement. Retrieved September 9, 2020. from www: <http://timssandpirls.bc.edu/timss2015/international-results/>
- Mullis, I. V. S., Martin, M. O. and Loveless, T. (2016b). *20 years of TIMSS: International trends in mathematics and science achievement, curriculum, and instruction*. TIMSS & PIRLS International Study Center, Boston College. <https://www.iea.nl/publications/study-reports/international-reports-iea-studies/20-years-timss>
- Nagengast, B. and Marsh, H. W. (2012). Big fish in little ponds aspire more: Mediation and cross-cultural generalizability of school-average ability effects on self-concept and career aspirations in science. *Journal of Educational Psychology*. 104 (4), 1033-1053. <https://doi.org/10.1037/a0027697>.
- Nagy, G., Garrett, J., Trautwein, U., Cortina, K. S., Baumert, J. and Eccles, J. S. (2008). Gendered high school course selection as a precursor of gendered occupational careers: The mediating role of self-concept and intrinsic value. In: Watt, H. M. G. and Eccles, J. S. (Eds.). *Gender and occupational outcomes: Longitudinal assessments of individual, social, and cultural influences* (115-143). Washington, DC: American Psychological Association.
- Nussbaum, J. and Novick, S. (1982). Alternative frameworks, conceptual conflict and accommodation: Toward a principled teaching strategy. *Instructional Science*. 11, 183-200
- OECD (2006). *Assesing scientific, reading and mathematical literacy: A framework for PISA 2006*. Paris: OECD. <https://doi.org/10.1787/19963777>
- Oliver, J. S. and Simpson, R. D. (1988). Influences of Attitude toward Science, Achievement Motivation and Science Self Concept on Achievement in Science: A Longitudinal Study. *Science Education*. 72, 143-155.
- Osborne, J., Simon, S. and Collins, S. (2003) Attitudes towards science: a review of the literature and its implications. *International Journal of Science Education*. 25 (9), 1049-1079.

- Palmer, D. (2005). A motivational view of constructivist informed teaching. *International Journal of Science Education*. 27 (15), 1853–1881.
- Patrick, A. O., Kpangban, E. and Chibueze, O. O. (2007). Motivation effects on test scores of senior secondary school science students. *Studies on Home and Community Science Education*. 1 (1), 57–64.
- Pintrich, P. R., Marx, R. W. and Boyle, R. A. (1993). Beyond cold conceptual change: The role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. *Review of Educational Research*. 63, 167–199.
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W. and Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*. 66, 211–227.
- Prast, E. J., Van de Weijer–Bergsma, E., Miočević, M., Kroesbergen, E. H. and Van Luit, J. E. H. (2018). Relations between mathematics achievement and motivation in students of diverse achievement levels. *Contemp. Educ. Psychol.* 55, 84–96. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2018.08.00>
- *Pravilnik o planu nastave i učenja za prvi ciklus osnovnog obrazovanja i vaspitanja i programu nastave i učenja za prvi razred osnovnog obrazovanja i vaspitanja* (2017). Službeni glasnik Republike Srbije – Prosvetni glasnik, br. 10.
- *Pravilnik o programu nastave i učenja za drugi razred osnovnog obrazovanja i vaspitanja* (2018). Službeni glasnik Republike Srbije – Prosvetni glasnik, br. 16.
- *Pravilnik o programu nastave i učenja za treći razred osnovnog obrazovanja i vaspitanja* (2019). Službeni glasnik Republike Srbije, Prosvetni glasnik, br. 5.
- *Pravilnik o programu nastave i učenja za četvrti razred osnovnog obrazovanja i vaspitanja* (2019). Službeni glasnik Republike Srbije, Prosvetni glasnik, br. 11.
- Radović, V. (2015). *Rhetorice docens*. Zavod za udžbenike: Beograd.
- Ryan, R. M. and Deci, E. L. (2000). Intrinsic and Extrinsic Motivations: Classic Definitions and New Directions. *Contemporary Educational Psychology*. 25 (1), 54–67.
- Ryan, R. M. and Deci, E.L. (2009). Promoting self-determined school engagement: Motivation, learning and well-being. In: Wentzel, K. R. and Wigfield, A. (Eds.). *Handbook of motivation at school* (171–196). New York: Routledge.
- Ryan, R. M. and Deci, E. L. (2022). Self-determination theory. In: *Encyclopedia of quality of life and well-being research* (1–7). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-69909-7_2630-2. Retrieved September 19, 2023. from www: https://selfdeterminationtheory.org/wp-content/uploads/2023/01/2022_RyanDeci_SDT_Encyclopedia.pdf
- Sass, S. and Kampa, N. (2019). Self-concept profiles in lower secondary level—An explanation for gender differences in science course selection? *Frontiers in Psychology*. 10, 1–14. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00836>
- Sjøberg, S. and Schreiner, C., (2010). The ROSE project: an overview and key findings. Retrieved November 15, 2020. from www: <http://roseproject.no/network/countries/norway/eng/nor-Sjoberg-Schreiner-overview-2010.pdf>
- Skaalvik, E. M. and Skaalvik, S. (2002). Internal and external frames of reference for academic self-concept. *Educational Psychology*. 37, 233–244.

- Skaalvik, E. M., Federici, R. A. and Klassen, R. M. (2015). Mathematic achievement and self-efficacy: Relations with motivation for mathematics. *International Journal of Educational Research*. 72, 129–136. <https://doi.org/10.1016/J.IJER.2015.06.008>
- Spinath, B., Spinath, F. M., Harlaar, N. and Plomin, R. (2006). Predicting school achievement from general cognitive ability, self-perceived ability, and intrinsic value. *Intelligence*. 34, 363–374. <https://doi.org/10.1016/j.intell.2005.11.004>.
- Stankov, L. (2013). Noncognitive predictors of intelligence and academic achievement: An important role of confidence. *Personality and Individual Differences*. 55 (7), 727–732. <https://doi.org/10.1016/j.paid.2013.07.006>.
- Stankov, L. and Lee, J. (2017). Self-beliefs: Strong correlates of mathematics achievement and intelligence. *Intelligence*. 61, 11–16. <https://doi.org/10.1016/j.intell.2016.12.001>.
- Strike, K. A. and Posner, P. J. (1983). On rationality and learning: A reply to West and Pines. *Science Education*, 67, 41–43.
- Ševkušić, S. i Kartal, V. (2017). Postignuća učenika iz prirodnih nauka: glavni nalazi, trendovi i nastavni program. U: Marušić Jablanović, M., Gutvajin N. i Jakšić, I. (ur.). *TIMSS 2015 u Srbiji – rezultati međunarodnog istraživanja postignuća učenika 4. razreda osnovne škole iz matematike i prirodnih nauka* (51–66). Beograd: Institut za pedagoška istraživanja.
- Ševkušić, S., Mirkov, S. i Lalić-Vučetić, N. (2022). Motivacioni profili učenika u prirodnim naukama: TIMSS 2019 u Srbiji. *Zbornik Instituta za pedagoška istraživanja*. 2 (22), 117–142.
- Tuan, H.-L., Chin, C.-C., Tsai, C.-C. and Cheng, S.-F. (2005). Investigating the effectiveness of inquiry instruction on the motivation of different learning styles students. *International Journal of Science and Mathematics Education*. 3, 541–566.
- Van Griethuijsen, R. A. L. F. et al. (2015). Global patterns in students' views of science and interest in science, *Research in Science Education*. 45 (4), 581–603.
- Vesić, D., Dzinović, V. and Mirkov, S. (2021). The role of absenteeism in the prediction of math achievement on the basis of self-concept and motivation: TIMSS 2015 in Serbia. *Psihologija*. 24 (1), 15–31. <https://doi.org/10.2298/PSI190425010V>
- White, R. T. and Gunstone, R. F. (1989). Metalearning and conceptual change. *International Journal of Science Education*. 11, 577–586.
- Watt, H. M. G. (2004). Development of adolescents' self-perceptions, values, and task perceptions according to gender and domain in 7th- through 11th-grade Australian students. *Child Development*. 75 (5), 1556–1574. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2004.00757.x>.
- Watt, H. M. G., Shapka, J. D., Morris, Z. A., Durik, A. M., Keating, D. P. and Eccles, J. S. (2012). Gendered motivational processes affecting high school mathematics participation, educational aspirations, and career plans: A comparison of samples from Australia, Canada, and the United States. *Developmental Psychology*. 48 (6), 1594–1611. <https://doi.org/10.1037/a0027838>.
- Watt, H. M. G., Hyde, J. S., Petersen, J., Morris, Z. A., Rozek, C. S. and Harackiewicz, J. M. (2017). Mathematics – a critical filter for STEM-related career choices? A longitudinal examination among Australian and US adolescents. *Sex Roles*. 77 (3), 254–271. <https://doi.org/10.1007/s11199-016-07>

- Watt, H. M. G., Bucich, M. and Dacosta, L. (2019). Adolescents' motivational profiles in mathematics and science: Associations with achievement striving, career aspirations and psychological wellbeing. *Frontiers in Psychology*. 10, 1–23. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00990>.
- Wigfield, A. and Eccles, J. S. (2000). Expectancy–value theory of achievement motivation. *Contemporary Educational Psychology*. 25 (1), 68–81. <https://doi.org/10.1006/ceps.1999.1015>.
- Zimmerman, B. J. (2000). Self-Efficacy: An Essential Motive to Learn. *Contemporary Educational Psychology*. 25 (1), 82–91.

Summary

Student motivation is one of the affective components that plays a key role in learning science. Research shows that in developed countries there is a trend of declining students' interest in science and technology. In this paper, the relationships between intrinsic motivation, self-concept, and the achievement of the fourth-grade elementary school students in mathematics and sciences were investigated. The authors also present the results of the secondary data analyses obtained in Serbia by means of student questionnaires and knowledge tests in the last two cycles of the TIMSS research in 2015 and 2019. The questionnaire contains two scales in which motivational variables are operationalized: students' attitudes towards mathematics/sciences and mathematical/ scientific self-confidence. Students' attitude is an indicator of an intrinsic motivation, and self-confidence is an indicator of self-concept. The results show that students express a high motivation for learning mathematics and sciences and a high level of self-concept. A higher level of self-concept is accompanied by a higher level of motivation for learning mathematics and sciences. Individual characteristics of students have a greater influence on achievement than the influence of schools and teachers. Students who express a more positive attitude towards mathematics and science and a higher level of self-concept in these areas also have a higher level of achievement. The influence of mathematical self-concept on achievement is particularly significant. The obtained results are in accordance with the findings of the earlier research that indicate complex and controversial relationships between intrinsic motivation, self-concept, and mathematical achievement, as well as that other constructs, including self-concept, can mediate the links between motivation and achievement. The authors point out the possibilities of encouraging students' motivation for learning. If students are trained in the teaching process to organize their own activities, this will contribute to their experience of autonomy and the development of confidence in their own competence, which positively impacts their motivation for learning.

Keywords: TIMSS research, learning motivation, self-concept, mathematics, sciences