



Fakultet pedagoških nauka
Univerziteta u Kragujevcu, Jagodina

Verica Milutinović

OD STAVOVA DO PRAKSE:

razumevanje prihvatanja IKT
u nastavi matematike



Fakultet pedagoških nauka Univerziteta u Kragujevcu, Jagodina

Edicija
MONOGRAFIJE

Verica Milutinović

**Od stavova do prakse: razumevanje
prihvatanja IKT u nastavi matematike**



Jagodina
2026.

Izdavač
Fakultet pedagoških nauka Univerziteta u Kragujevcu
Milana Mijalkovića 14, Jagodina

Za izdavača
Prof. dr Nenad Vulović

Urednik
Prof. dr Vladimir Ristić

Recenzenti
Prof. dr Danimir Mandić
Prof. dr Nenad Vulović
Prof. dr Miroslava Ristić

Dizajn korica
Verica Milutinović

Tehnički urednik
Vladan Dimitrijević

Lektura
Msr Marija Đorđević

Štampa
Fakultet pedagoških nauka Univerziteta u Kragujevcu, Jagodina

Tiraž
50

ISBN 978-86-7604-256-2

Nastavno-naučno veće Fakulteta pedagoških nauka Univerziteta u Kragujevcu, Jagodina, odobrilo je objavljivanje ove monografije odlukom broj 01-2180/1 od 3. 6. 2026. godine.

© Fakultet pedagoških nauka Univerziteta u Kragujevcu, Jagodina

Nebojši, Petru, Lazaru i Vukašinu

SADRŽAJ

PREDGOVOR	7
UVOD	9
I TEORIJSKI OKVIR	13
1.1 Pregled literature	13
1.1.1 Studije o prihvatanju tehnologije	14
1.2 Prediktori namere korišćenja računara u nastavi matematike	16
1.2.2 Tehnološko-pedagoško znanje sadržaja (TPCK)	20
1.2.3 Tehnološka kompleksnost	21
1.2.4 Olakšavajući uslovi	22
1.2.5 Subjektivna norma	23
1.3 Nivoi korišćenja računara u nastavi matematike	25
1.3.2 Inovativni nivo upotrebe računara	26
1.4 Kontekst istraživanja	27
1.5 Model istraživanja	29
II METODOLOŠKI OKVIR	31
2.1 Metode istraživanja	31
2.1.1 Značaj i cilj istraživanja	31
2.1.2 Zadaci istraživanja	32
2.1.3 Istraživačka pitanja	32
2.2 Hipoteze	33
2.2.1 Povezanost istraživačkih pitanja i hipoteza	34
2.3 Uzorak	35
2.3.1 Učesnici istraživanja i prikupljanje podataka	35
2.4. Procedura	36
2.4.1 Promenljive istraživanja	36
2.4.2 Instrumenti	36
2.4.3 Prevod upitnika	38
2.4.4 Različiti načini primene računara u nastavi matematike	38

2.5 Organizacija istraživanja i statistička obrada podataka	40
2.5.1 Dizajn istraživanja	40
2.5.2 Analiza podataka	40
III REZULTATI ISTRAŽIVANJA	43
3.1 Osnovni nalazi	43
3.1.1 Deskriptivna statistika	43
3.2 Valjanost modela	46
3.2.1 Evaluacija modela merenja (potvrдна faktorska analiza)	46
3.2.2 Provera strukturalnog modela	50
3.2.3 Testiranje hipoteza i analiza strukturnih putanja	51
3.2.4 Indirektni i ukupni efekti u strukturnom modelu	53
3.3 Merna invarijantnost modela između grupa ispitanika	55
3.3.1 Ispitivanje merne invarijantnosti između budućih učitelja, budućih nastavnika matematike i nastavnika iz prakse	55
3.3.2 Višegrupna SEM analiza (neograničeni model)	56
3.3.3 Višegrupna SEM analiza – ograničeni model	58
3.4 Sažetak rezultata	58
IV DISKUSIJA	61
4.1 Interpretacija glavnih nalaza istraživanja	61
4.2 Ključni prediktori namere korišćenja IKT-a u nastavi matematike na nižem i višem nivou primene	61
4.2.1 Opšti obrazac rezultata: pozitivne percepcije, ali jasna „hijerarhija” BIT–BIC	61
4.2.2 Uloga TPCK-a u objašnjenju namere korišćenja na nižem i višem nivou	63
4.2.3 Stavovi kao stabilan prediktor namere: afektivna komponenta prihvatanja	64
4.2.4 Uloga doživljaja korisnosti i lakoće korišćenja: kognitivna osnova za formiranje stavova	66
4.2.5 Subjektivna norma: socijalni uticaj deluje kroz percepcije, ne kroz direktnu nameru	67
4.2.6 Tehnološka kompleksnost i olakšavajući uslovi: zašto infrastruktura nije dovoljna bez uverenja i kompetencija	69
4.3 Tranzicioni mehanizam: BIT kao posredujuća faza ka BIC	70
4.4 Razlike između grupa i stabilnost modela: između varijabilnosti putanja i strukturalne invarijantnosti	72

4.5 Teorijske implikacije: doprinos integraciji TAM i TPCK okvira i razumevanju strukture namere korišćenja na dva nivoa	73
4.6 Praktične i pedagoške implikacije	75
4.6.1 Fokus na razvoj tehnološko-pedagoškog znanja sadržaja (TPCK)	75
4.6.2 Građenje pozitivnih stavova kroz smislenu i uspešnu upotrebu tehnologije	76
4.6.3 Smanjivanje percipirane tehnološke kompleksnosti	76
4.6.4 Jačanje socijalne podrške kao indirektnog mehanizma prihvatanja	77
4.6.5 Infrastruktura kao neophodan, ali ne i dovoljan uslov	77
4.7 Ograničenja i pravci budućih istraživanja	78
V ZAKLJUČAK	81
5.1 Zaključna razmatranja	81
LITERATURA	84
PRILOZI	95
Prilog 1. Upitnik o korišćenju računara u nastavi matematike	95
Prilog 2. Spisak skala i odgovarajućih stavki korišćenih u ovoj studiji	98
BELEŠKA O AUTORU	101

PREDGOVOR

Monografija *Od stavova do prakse: razumevanje prihvatanja IKT u nastavi matematike* predstavlja rezultat dugogodišnjeg naučnoistraživačkog rada posvećenog proučavanju integracije informaciono-komunikacionih tehnologija (IKT) u nastavu matematike. Istraživanja su obuhvatila različite kategorije nastavnog kadra – od studenata koji se pripremaju za nastavničke profesije do nastavnika koji već aktivno predaju matematiku u osnovnim i srednjim školama širom Srbije.

Za razliku od doktorske disertacije koja je bila usmerena na ispitivanje prediktora namere korišćenja računara u nastavi među budućim učiteljima i nastavnicima matematike, ova monografija proširuje obuhvat istraživanja na aktivne nastavnike, uvažavajući kontekst školske prakse i aktuelne izazove u primeni IKT u obrazovanju. Time se otvara mogućnost dubljeg razumevanja uslova, motiva i barijera koji utiču na upotrebu tehnologije u nastavi matematike.

Počeci rada u ovoj oblasti vezani su za magistarsku tezu iz 2003. godine, koja se bavila primenom algoritama i računarskih programa u nastavnom procesu. Tokom vremena, istraživačka perspektiva se razvijala u skladu sa potrebama domaćeg obrazovnog sistema, fokusirajući se sve više na razloge ograničene primene tehnologije u nastavi matematike. U tom procesu ostvarena je saradnja sa brojnim uvažanim kolegama i istraživačima iz Srbije i inostranstva, što je doprinelo multidisciplinarnom i interkulturalnom pristupu.

Sistematski razvoj teorijskog i metodološkog okvira ostvaren je kroz rad na više nacionalnih i međunarodnih projekata. Rezultati ovih istraživanja objavljeni su u više naučnih radova, a deo tog opusa integrisan je u ovu monografiju, u skladu sa aktuelnim akademskim i izdavačkim standardima.

Fokus analize usmeren je na identifikaciju ključnih prediktora koji utiču na nameru upotrebe IKT u nastavi matematike, pri čemu se uzimaju u obzir različiti nivoi primene – od osnovne upotrebe računara do naprednih oblika integracije digitalnih resursa u nastavne aktivnosti. Istraživanje nastoji da poveže teorijske koncepte prihvatanja tehnologije sa konkretnim pedagoškim iskustvima i uslovi-ma u nastavnoj praksi.

Monografija je strukturirana tako da čitaocu pruži sveobuhvatan uvid – od pregleda relevantnih teorijskih osnova i dosadašnjih empirijskih nalaza, preko opisivanja istraživačkog dizajna i korišćenih instrumenata, do predstavljanja rezultata i njihove interpretacije. Na kraju se izdvajaju preporuke za unapređenje nastave i mogući pravci budućih istraživanja.

Osnovni cilj ovog izdanja jeste da doprinese razumevanju kompleksnosti primene IKT u nastavi matematike, kao i da ponudi smernice za efikasniju i svrsishodniju integraciju tehnologije u obrazovni proces. Nadam se da će sadržaj biti od koristi istraživačima, donosiocima obrazovnih politika, kao i svima koji se bave nastavom matematike i obrazovanjem nastavnika.

Posebnu zahvalnost dugujem recenzentima, prof. dr Danimiru Mandiću, prof. dr Nenadu Vuloviću i prof. dr Miroslavi Ristić, kao i uredniku, prof. dr Vladimiru Ristiću, na dragocnim komentarima, konstruktivnim sugestijama i dobronamernoj podršci tokom pripreme rukopisa. Zahvaljujem se i Mariji Đorđević na pažljivo izvršenoj lekturi i korekturi, Vladanu Dimitrijeviću na tehničkoj pripremi publikacije. Idejno rešenje korica razvijeno je uz podršku savremenih alata generativne veštačke inteligencije.

Iskrenu zahvalnost dugujem svojoj porodici, suprugu Nebojši i sinovima Petru, Lazaru i Vukašinu, kao i roditeljima i prijateljima, na strpljenju, razumevanju i podršci bez koje ovaj rad ne bi bio moguć.

Jagodina, 2026.

Autor

UVOD

Savremeno društvo, obeleženo ubrzanim naučno-tehnološkim razvojem i sve intenzivnijom digitalizacijom gotovo svih sfera života, postavlja pred obrazovne sisteme složene i višeslojne zahteve. Od druge polovine dvadesetog veka, a posebno u poslednjim decenijama, visokorazvijene zemlje postepeno prelaze iz industrijskog u informatičko, odnosno postindustrijsko društvo, koje se sve češće označava kao „društvo znanja” ili „digitalno doba”. U takvom kontekstu, obrazovanje dobija ključnu ulogu u pripremi pojedinaca za aktivno učešće u profesionalnom, društvenom i građanskom životu, što podrazumeva razvoj kompetencija za celoživotno učenje, prilagodljivost promenama, kao i kritičko promišljanje složenih informacionih okruženja (Anderson, 2008; European Commission, 2002, 2022; OECD, 2023, 2026; UNESCO, 2002, 2023). Savremeni razvoj generativne veštačke inteligencije dodatno menja obrazovni kontekst, pružajući nove mogućnosti za podršku učenju i rešavanju matematičkih zadataka, ali istovremeno otvarajući pitanja njene efikasnosti u obradi vizuelnih i logičkih problema (Svičević et al., 2025).

Od učenika se više ne očekuje isključivo reprodukcija znanja, već sposobnost pronalazjenja, selekcije i evaluacije informacija, razumevanje prirode podataka i izvora, razlikovanje činjenica od interpretacija, kao i sposobnost primene znanja u novim, složenim i nepredvidivim situacijama (Ristić et al., 2023). Ove veštine, često objedinjene pod pojmom „učenje kako da se uči”, smatraju se ključnim veštinama 21. veka i uključuju konstrukciju znanja, upravljanje informacijama, kritičko rasuđivanje, saradnju i timski rad (Anderson, 2008; ISTE, 2017a, 2017b; Voogt & Pelgrum, 2005). Interdisciplinarni pristupi, uključujući multimedijalne i kreativne metode, pokazuju značajan potencijal za razvoj globalnih kompetencija učenika (Savić et al., 2026; Prošić-Santovac et al., 2021).

U tom kontekstu, informaciono-komunikacione tehnologije (IKT) zauzimaju sve značajnije mesto u obrazovnim politikama i nastavnoj praksi, jer se smatra da mogu doprineti unapređivanju kvaliteta učenja, povećanju efikasnosti nastave i transformaciji uloga nastavnika i učenika (Ristić et al., 2023). Međunarodne inicijative i standardi, poput onih koje razvija Međunarodno udruženje za primenu tehnologije u obrazovanju (ISTE), naglašavaju da se tehnologija ne sme posmatrati samo kao tehničko sredstvo, već kao integralni deo nastavnog procesa, usko povezan sa predmetnim sadržajima, pedagoškim pristupima i ciljevima učenja (ISTE, 2017a, 2017b). U tom smislu, integracija IKT podrazumeva podsticanje kreativnosti, komunikacije i saradnje, razvoj istraživačke i informacione fluentnosti,

kritičkog mišljenja, rešavanja problema, kao i digitalnog građanstva. Posebno se ističe značaj saradničkog učenja u digitalnom okruženju, koje predstavlja važan faktor unapređenja kvaliteta nastavnih aktivnosti i razvoja socijalnih i profesionalnih kompetencija budućih nastavnika (Milenković & Stevanić, 2025; Milutinović, Dorđević, & Mandić, 2025; Milutinović et al., 2026).

Matematika, kao jedan od osnovnih školskih predmeta, ima poseban potencijal za razvoj navedenih kompetencija, ali istovremeno predstavlja i izazovno područje za integraciju IKT. Apstraktna priroda matematičkih pojmova, potreba za vizuelizacijom, simboličkom manipulacijom i modeliranjem, kao i tradicionalno ukorenjeni pristupi nastavi matematike, često utiču na to da se tehnologija koristi ograničeno ili površno. Istraživanja dodatno pokazuju da učenici u geometriji postižu slabije rezultate u zadacima koji zahtevaju konceptualno razumevanje u odnosu na one koji se zasnivaju na procedurnoj primeni, što ukazuje na potrebu za primenom adekvatnih nastavnih pristupa i digitalnih alata (Vulović et al., 2024). Ipak, brojne studije pokazuju da adekvatna primena IKT može doprineti boljem razumevanju matematičkih koncepata, većem angažovanju učenika i razvoju veština rešavanja problema (Barak, 2014; Delen & Bulut, 2011; NCTM, 2014). Pored toga, savremeni pristupi koji integrišu STEM oblasti i koriste napredne analitičke metode ukazuju na značaj angažovanja učenika, njihovih uverenja i prethodnog iskustva kao ključnih faktora za razvoj interesovanja za matematiku i srodne discipline (Milenković et al., 2026). Dinamički obrazovni softveri, kao što je *GeoGebra*, omogućavaju aktivnu konstrukciju znanja, vizuelizaciju apstraktnih pojmova i praćenje matematičkih transformacija (Milikić et al., 2022).

Uprkos tome, rezultati višedecenijskih istraživanja ukazuju na postojanje jasnog jaza između potencijala IKT i njihove stvarne upotrebe u nastavnoj praksi. Iako je pristup tehnologiji u školama značajno povećan, računari i digitalni alati se često nedovoljno i nesistematično koriste u učionici, kako na inovativan, tako i na tradicionalan način (Barak, 2014; Ertmer, 2005; Russel et al., 2003; Ruthven, 2009; Tondeur et al., 2007). Ovaj jaz između potencijala i prakse ukazuje na to da tehnološka opremljenost sama po sebi nije dovoljna za smislenu integraciju IKT, već da je ključna uloga nastavnika i njihovog prihvatanja tehnologije u nastavi.

U obrazovnim sistemima zemalja u razvoju, kao što je Srbija, ova pitanja dobijaju dodatnu složenost. Pored infrastrukturnih ograničenja i nedovoljne institucionalne podrške, posebno se ističe značaj nastavničkih kompetencija, stavova i uverenja u vezi sa korišćenjem tehnologije u nastavi matematike (Dimitrijević et al., 2012). Razvoj koncepta pametnog obrazovanja u Srbiji dodatno ukazuje na potrebu systemske integracije digitalnih tehnologija u nastavu i unapređenja kompetencija nastavnika (Mandić, 2023). Upravo zato se u literaturi naglašava da je inicijalno obrazovanje nastavnika kritičan period u kome se mogu sistematski oblikovati stavovi, samopouzdanje i namere budućih nastavnika u pogledu upotrebe IKT (AMTE, 2006, 2017; Milutinović, 2026; UNESCO, 2002, 2023).

Studije sprovedene u kontekstu Srbije pokazuju da su stavovi prema računari-ma, percipirana korisnost i lakoća upotrebe, kao i prethodno iskustvo u korišćenju tehnologije, značajni prediktori namere upotrebe računara u nastavi matematike (Milutinović, 2016a, 2022; Teo & Milutinović, 2015; Teo et al., 2017). Ovi nalazi ukazuju na to da prihvatanje tehnologije ne predstavlja isključivo tehničko pitanje, već kompleksni psihološki i pedagoški proces, uslovljen individualnim, socijalnim i kontekstualnim faktorima. Upravo iz tog razloga razvijeni su teorijski modeli prihvatanja tehnologije koji nastoje da objasne mehanizme formiranja namere i njen prelazak u stvarno ponašanje. Savremeni radovi u domaćem kontekstu dodatno naglašavaju značaj proširenih modela koji uključuju kontekstualne i institucio-nalne faktore, posebno u uslovima savremenih obrazovnih izazova (Milutinović, 2026; Milutinović & Đorđević, 2025). Pored toga, pokazano je da namere nastavnika da koriste tehnologiju predstavljaju pouzdan prediktor njihove buduće prakse, što je u skladu sa teorijskim okvirima kao što su Teorija planiranog ponašanja i Model prihvatanja tehnologije (Ajzen, 1991; Davis, 1989; Venkatesh et al., 2003).

Polazeći od prethodno izloženih teorijskih postavki i empirijskih nalaza, u ovoj monografiji prihvatanje IKT u nastavi matematike posmatra se kroz prizmu različitih nivoa upotrebe, pri čemu se pravi razlika između tradicionalne upotrebe računara kao podrške nastavi usmerenoj na nastavnika i inovativne upotrebe tehnologije u funkciji učenički orijentisanog učenja, saradnje i rešavanja problema. Poseban naglasak stavljen je na komparativnu analizu budućih učitelja, budućih nastavnika matematike i nastavnika matematike iz prakse, kao tri grupe koje predstavljaju različite faze i profile profesionalnog razvoja u oblasti nastave matematike. Uprkos razlikama u iskustvu primene informaciono-komunikacionih tehnologija u nastavi, sve tri grupe deluju u okviru istog obrazovnog i društvenog konteksta.

Na osnovu navedenog, u okviru ove monografije sprovedeno je empirijsko istraživanje sa ciljem da se, primenom strukturnog modelovanja, identifikuju ključni prediktori namere korišćenja računara u nastavi matematike na tradicionalnom i inovativnom nivou, ispita njihova međusobna povezanost i uporede obrasci prihvatanja i korišćenja tehnologije kod budućih učitelja, budućih nastavnika matematike i nastavnika matematike iz prakse. Dobijeni rezultati imaju za cilj da doprinesu boljem razumevanju procesa prihvatanja IKT u nastavi matematike i da ponude smernice relevantne za dizajn kurikuluma inicijalnog obrazovanja nastavnika, kao i programa stručnog usavršavanja u obrazovnim sistemima zemalja u razvoju, kao što je Srbija. Ovim se nastoji premostiti jaz između teorijskih modela prihvatanja tehnologije i njihove primene u specifičnom kontekstu nastave matematike.

I

I TEORIJSKI OKVIR

1.1 Pregled literature

Savremena nastava matematike postavlja pred nastavnike sve kompleksnije zahteve koji podrazumevaju kontinuirano prilagođavanje nastavne prakse i usvajanje novih informaciono-komunikacionih tehnologija (IKT). U uslovima ubrzane digitalizacije društva i obrazovanja, od nastavnika se očekuje da učenicima omogućе sticanje znanja i razvoj digitalnih kompetencija neophodnih za budući rad, društveno angažovanje i celoživotno učenje (OECD, 2023, 2026; UNESCO, 2023). Razvoj digitalnih kompetencija nastavnika predstavlja jedan od ključnih ciljeva savremenih obrazovnih politika (European Commission, 2002, 2022; Milutinović, 2020).

Istovremeno, tehnologija se sve češće posmatra kao sredstvo koje može da doprinese kvalitetnijem, interaktivnijem i personalizovanijem učenju, što dodatno naglašava potrebu za razumevanjem faktora koji utiču na njenu smislenu integraciju u nastavu. Savremena istraživanja ukazuju da nastavnici prepoznaju potencijal novih digitalnih alata, kao što su interaktivni obrazovni avatari, posebno u kontekstu neformalnog učenja i stručnog usavršavanja (Mandić et al., 2025). Pored toga, primena naprednih analitičkih metoda, kao što su veštačke neuronske mreže, omogućava preciznije predviđanje obrazovnih ishoda i predstavlja značajan pravac razvoja obrazovne analitike (Đorđević & Milutinović, 2019). U istraživanjima se posebno ističe uloga digitalnih obrazovnih ekosistema i integracije veštačke inteligencije u nastavu, što zahteva sistemski pristup razvoju kompetencija nastavnika i institucionalne podrške (OECD, 2023, 2026). Rezultati studija dodatno ukazuju na značaj razvoja kompetencija nastavnika za primenu veštačke inteligencije, kao i na njihovu ulogu u prihvatanju obrazovnih tehnologija, pri čemu se posebno ističe povezanost između digitalnih kompetencija, pedagoških znanja i namere korišćenja tehnologije (Milutinović, 2025, 2024b).

U savremenom obrazovanju poseban značaj pridaje se pitanjima bezbednosti podataka i zaštite privatnosti, naročito prilikom onlajn-saradnje i grupnog rada (Đorđević & Milutinović, 2021; Milutinović, Đorđević, & Mandić, 2025). Iako je tehnološka infrastruktura u školama u mnogim obrazovnim sistemima značajno unapređena, istraživanja pokazuju da dostupnost tehnologije sama po sebi ne garantuje njenu efikasnu upotrebu u nastavnoj praksi. Ključni izazov predstavlja način na koji nastavnici percipiraju tehnologiju, njenu korisnost i primenljivost u konkretnom predmetnom kontekstu, kao i njihova spremnost da je integrišu u

nastavu (Tondeur et al., 2020). Zbog toga su u poslednjih nekoliko decenija razvijeni brojni teorijski modeli čiji je cilj da objasne nameru korišćenja i stvarnu upotrebu IKT, kao i faktore koji oblikuju prihvatanje tehnologije od strane nastavnika.

U matematičkom obrazovanju, pitanje prihvatanja tehnologije ima posebnu težinu. Apstraktna priroda matematičkih sadržaja, potreba za vizuelizacijom, simboličkom manipulacijom i modeliranjem, kao i snažno ukorenjene tradicionalne pedagoške prakse, čine integraciju IKT posebno izazovnom. Istovremeno, brojni empirijski nalazi ukazuju da adekvatna upotreba tehnologije može značajno doprineti razumevanju matematičkih koncepata, razvoju veština rešavanja problema i većem angažovanju učenika (Hoyles & Lagrange, 2010; Handal et al., 2011). U tom smislu, razumevanje procesa prihvatanja tehnologije kod nastavnika i budućih nastavnika matematike predstavlja ključnu istraživačku temu.

Ovaj pregled literature usmeren je na analizu ključnih modela prihvatanja tehnologije u obrazovanju, sa posebnim osvrtom na nastavu matematike i na istraživanja sprovedena u kontekstu Srbije i srodnih obrazovnih sistema.

1.1.1 Studije o prihvatanju tehnologije

Usvajanje i prihvatanje tehnologije predstavlja jedno od centralnih istraživačkih polja u obrazovnim naukama, jer integracija IKT u nastavu ne zavisi isključivo od dostupnosti tehnoloških resursa, već pre svega od načina na koji nastavnici i budući nastavnici percipiraju tehnologiju, procenjuju njenu vrednost i prepoznaju mogućnosti njene primene u nastavnom procesu.

Tokom poslednjih decenija razvijeni su brojni teorijski modeli čiji je cilj da objasne zbog čega pojedinci prihvataju ili odbacuju tehnologiju i koji faktori utiču na njenu stvarnu upotrebu. Među najznačajnijim pristupima izdvajaju se Teorija razumne akcije (TRA; Fishbein & Ajzen, 1975), Teorija planiranog ponašanja (TPB; Ajzen, 1991), Model prihvatanja tehnologije (TAM; Davis et al., 1989) i Objedinjena teorija prihvatanja i korišćenja tehnologije (UTAUT; Venkatesh et al., 2003; UTAUT2; Venkatesh et al., 2012). Zajednička polazna osnova ovih modela jeste pretpostavka da stavovi pojedinca prema tehnologiji, socijalni uticaji i percepcija kontrole nad ponašanjem značajno oblikuju nameru, koja se zatim odražava na stvarno ponašanje korišćenja tehnologije.

Teorijski koreni: TRA i TPB

TRA polazi od stanovišta da su stav prema ponašanju i subjektivna norma glavni prediktori namere, dok je namera ključni prediktor stvarnog ponašanja (Fishbein & Ajzen, 1975). TPB proširuje TRA uvođenjem konstrukta percipirane kontrole ponašanja, čime se u model uvodi ideja da pojedinac može imati pozitivan stav i nameru, ali da realizacija ponašanja zavisi od toga koliko oseća da ima resurse, veštine i mogućnosti da ponašanje zaista sprovede (Ajzen, 1991).

U obrazovanju, ovaj aspekt je posebno važan, jer nastavnici često deluju u uslovima ograničenja (infrastruktura, vreme, podrška, kultura škole), što može uticati na to da namera ne preraste u doslednu primenu IKT u nastavi.

TAM: ključne pretpostavke i obrazovna primena

Među navedenim modelima, TAM se izdvojio kao jedan od najšire primenjivanih u obrazovanju zbog jednostavnosti, jasne strukture i visoke prediktivne snage. Osnovna pretpostavka TAM-a je da se namera korišćenja tehnologije formira pre svega na osnovu dva konstrukta: doživljaja korisnosti i doživljaja lakoće upotrebe (Davis et al., 1989). U nastavnom kontekstu, korisnost se najčešće odnosi na to u kojoj meri nastavnik veruje da će tehnologija poboljšati nastavni proces, olakšati organizaciju rada ili unaprediti ishode učenja učenika, dok se lakoća upotrebe odnosi na procenu da se tehnologija može koristiti bez preteranog napora, tehničkih barijera i dodatnog opterećenja.

Istraživanja dosledno pokazuju da nastavnici koji tehnologiju percipiraju kao korisnu i jednostavnu razvijaju pozitivnije stavove i pokazuju veću spremnost da je integrišu u nastavnu praksu (Teo, 2009b; Reed et al., 2010; Milutinović, 2016v, 2022). Ovo je naročito relevantno u nastavi matematike, gde se korisnost tehnologije često sagledava kroz njenu ulogu u vizuelizaciji apstraktnih matematičkih pojmova, podsticanju istraživačkog učenja i omogućavanju primene različitih strategija rešavanja problema (Hoyle & Lagrange, 2010).

Proširenja TAM-a u obrazovanju i nastavi matematike

Iako je TAM veoma uticajan, brojni autori ukazuju na njegova ograničenja, posebno kada se primenjuje u obrazovanju. Klasični TAM u osnovnoj formi ne obuhvata pedagošku dimenziju nastavničkog rada, niti sistemske i institucionalne faktore koji u školama često imaju presudnu ulogu (Legris et al., 2003; Benbasat & Barki, 2007). Zbog toga su u obrazovnim istraživanjima razvijane proširene verzije TAM-a koje uključuju dodatne konstrukte kao što su subjektivna norma, tehnološka složenost, računarska samoeфикаsnost, olakšavajući uslovi, kao i različiti aspekti digitalne pedagoške kompetentnosti i uverenja o nastavi.

U matematičkom obrazovanju, proširenja TAM-a su posebno važna jer nastavnici ne donose odluke o upotrebi tehnologije samo na osnovu toga da li je „laka” i „korisna”, već i na osnovu toga da li je usklađena sa njihovim pedagoškim uverenjima, zahtevima nastavnog programa i načinom na koji učenici uče matematiku (Handal et al., 2011; Hoyle & Lagrange, 2010).

UTAUT kao integrativni model: društveni uticaj i uslovi

Paralelno sa razvojem TAM-a i njegovih proširenja, UTAUT je ponudio širi integrativni okvir koji objedinjuje ključne konstrukte prethodnih modela i ističe

ulogu društvenog uticaja i olakšavajućih uslova u procesu prihvatanja tehnologije (Venkatesh et al., 2003). U obrazovanju, ovi faktori dobijaju poseban značaj jer se odluke nastavnika retko zasnivaju samo na individualnim procenama, već su često pod uticajem kulture škole, očekivanja kolektiva, rukovodstva, dostupne stručne podrške i organizacionih strategija (Tondeur et al., 2020). UTAUT2 dodatno proširuje model uvođenjem konstrukcija poput navike i hedonističke motivacije, što može biti relevantno za razumevanje dugoročne održivosti upotrebe tehnologije u nastavi, posebno u okruženjima gde se tehnologija brzo menja (Venkatesh et al., 2012).

Determinante stavova i namere nastavnika: sinteza nalaza

Stavovi nastavnika i njihova namera da koriste tehnologiju formiraju se pod uticajem više međusobno povezanih faktora. Pored doživljaja korisnosti i lakoće upotrebe, značajni su i socijalni uticaji (kolege, rukovodstvo, učenici, roditelji), nivo samopouzdanja i samoeфикаsnosti, tehnološka složenost i percepcija da škola obezbeđuje adekvatne uslove i podršku (Teo & Van Schaik, 2009; Wong et al., 2005). Novija istraživanja u oblasti digitalnih kompetencija dodatno ukazuju da su kontinuirano profesionalno usavršavanje, pedagoško osmišljena upotreba tehnologije i institucionalna podrška važni preduslovi za održivu integraciju IKT u nastavu (Tondeur et al., 2021).

Implikacije za ovu studiju: izbor prediktora i hipoteza

Imajući u vidu prethodno izloženi pregled literature, može se zaključiti da uspeh inicijativa integracije IKT u nastavu matematike u značajnoj meri zavisi od nastavnika, od njihovih stavova, percepcija i namere da tehnologiju dosledno koriste, ali i od uslova u kojima rade. Zbog toga je u ovoj studiji opravdano izdvajanje prediktora namere upotrebe računara u nastavi matematike koji obuhvataju i individualne percepcije (korisnost, lakoća upotrebe), i šire psihološke i kontekstualne faktore (npr. subjektivna norma, tehnološka složenost, olakšavajući uslovi, samoeфикаsnost), uz razlikovanje tradicionalnog i inovativnog nivoa upotrebe. Ovi prediktori biće detaljnije razmotreni u narednim potpoglavljima, gde će biti formulisane i hipoteze istraživanja.

1.2 Prediktori namere korišćenja računara u nastavi matematike

1.2.1 Model prihvatanja tehnologije (TAM)

Model prihvatanja tehnologije (engl. *Technology Acceptance Model* – TAM) predstavlja jedan od najčešće korišćenih teorijskih okvira u istraživanjima usvajanja i prihvatanja tehnologije u obrazovnom kontekstu. Brojne studije potvrdile su njegovu primenljivost u istraživanjima nastavnika i budućih nastavnika, kao i njegovu sposobnost da pouzdano objasni nameru korišćenja različitih obrazovnih

tehnologija (Cheung & Vogel, 2013; Jan & Contreras, 2011; Motaghian et al., 2013; Pynoo et al., 2012; Teo, 2009b).

U okviru TAM-a, doživljaj korisnosti (engl. *Perceived Usefulness* – PU), doživljaj lakoće korišćenja (engl. *Perceived Ease of Use* – PEU) i stavovi prema upotrebi računara (engl. *Attitudes Towards Computer Use* – ATCU) konceptualizovani su kao ključni psihološki konstrukti koji oblikuju nameru korisnika da koristi određenu tehnologiju. Ovi odnosi su formulisani u vidu hipoteza i potvrđeni brojnim empirijskim istraživanjima u oblasti informacionih sistema i obrazovanja.

Doživljaj korisnosti definiše se kao stepen u kojem pojedinac veruje da će upotreba određene tehnologije unaprediti njegov radni učinak (Davis, 1989). U nastavnom kontekstu, ovaj konstrukt se odnosi na uverenje nastavnika da će upotreba računara i IKT doprineti kvalitetnijem planiranju i realizaciji nastave, boljem razumevanju nastavnih sadržaja i postizanju obrazovnih ishoda. Doživljaj lakoće korišćenja odnosi se na stepen u kojem pojedinac veruje da će korišćenje tehnologije biti jednostavno, jasno i neće zahtevati značajan dodatni napor ili tehničke veštine (Davis, 1989).

TAM precizira odnose između navedenih konstrukata, polazeći od pretpostavke da namera korisnika da koristi tehnologiju zavisi od njegovih stavova prema upotrebi, kao i od direktnih i indirektnih efekata doživljaja korisnosti i doživljaja lakoće korišćenja. Pri tome, doživljaj lakoće korišćenja utiče na nameru korišćenja indirektno, preko stavova i doživljaja korisnosti, ali ima i direktan uticaj na doživljaj korisnosti. Drugim rečima, tehnologije koje se percipiraju kao jednostavne za upotrebu češće se doživljavaju i kao korisne, što pozitivno utiče na formiranje stavova i nameru korišćenja.

Empirijska istraživanja u obrazovanju u velikoj meri podržavaju ove pretpostavke. U modelu prihvatanja tehnologije među budućim nastavnicima u Singapuru, Teo (Teo, 2009b) je utvrdio da doživljaj korisnosti i stavovi prema upotrebi imaju direktan uticaj na nameru korišćenja tehnologije, dok doživljaj lakoće korišćenja deluje indirektno, posredstvom stavova i doživljaja korisnosti. Slični rezultati dobijeni su i u drugim obrazovnim kontekstima. Na primer, Čang i saradnici (Chang et al., 2012) pokazali su da doživljaj korisnosti i stavovi značajno utiču na nameru korišćenja mobilnog učenja među studentima, dok su doživljaj lakoće korišćenja i praktičnosti imali značajan uticaj na formiranje stavova.

Istraživanja među budućim nastavnicima u evropskom kontekstu dodatno potvrđuju značaj TAM konstrukata. Ma i saradnici (Ma et al., 2005), u studiji sprovedenoj u Švedskoj, utvrdili su da doživljaj korisnosti ima direktan i statistički značajan uticaj na nameru korišćenja kompjuterske tehnologije, dok doživljaj lakoće upotrebe deluje indirektno. Ovi nalazi ukazuju da nastavnici mogu biti spremni da koriste tehnologiju čak i kada je ona relativno zahtevna, ukoliko veruju da ona ima jasnu pedagošku vrednost.

U kontekstu nastave matematike, rezultati istraživanja sprovedenih u Srbiji dosledno ukazuju na centralnu ulogu TAM konstrukata u objašnjavanju namere

korišćenja računara. Rezultati studija su pokazali da doživljaj korisnosti, doživljaj lakoće korišćenja i stavovi prema upotrebi predstavljaju značajne prediktore namere korišćenja računara u nastavi matematike, kako na tradicionalnom tako i na inovativnom nivou upotrebe (Teo & Milutinović, 2015; Milutinović, 2016a; Teo et al., 2016; Teo et al., 2017). Ovi nalazi potvrđuju da prihvatanje tehnologije u nastavi matematike nije uslovljeno samo tehničkim karakteristikama, već predstavlja proces uslovljen psihološkim, pedagoškim i kontekstualnim faktorima.

Iako je TAM jedan od najuticajnijih i najčešće primenjivanih modela u istraživanjima prihvatanja tehnologije, brojni autori ukazuju na potrebu njegovog proširivanja, posebno u obrazovnom kontekstu. Klasični TAM ne obuhvata u dovoljnoj meri socijalne i institucionalne faktore, kao ni aspekte kontrole koji su od posebnog značaja u školskom okruženju (Benbasat & Barki, 2007; Legris et al., 2003). Zbog toga su u narednim istraživanjima predloženi prošireni TAM modeli koji uključuju spoljne promenljive preuzete iz drugih teorijskih okvira, kao što su Teorija planiranog ponašanja (Ajzen, 1991), UTAUT (Venkatesh et al., 2003) i koncepti pedagoškog i tehnološkog znanja nastavnika.

U skladu sa ovim pristupom, razmotrene su spoljne promenljive uključene u prošireni TAM model ove studije, kao što su subjektivna norma, tehnološka kompleksnost, iskustvo i potreba budućih učitelja za TPACK/TPACK znanjem, i njihova uloga u objašnjavanju namere korišćenja računara u nastavi matematike.

U ovoj studiji, namera korišćenja računara u nastavi matematike konceptualizovana je kao višedimenzionalan i razvojni konstrukt, koji obuhvata dva kvalitativno različita nivoa upotrebe: tradicionalni i konstruktivistički. Tradicionalni nivo namere korišćenja (engl. *Behavioral Intention – Traditional*, BIT) odnosi se na upotrebu računara kao podrške nastavi usmerenoj na nastavnika (engl. *teacher-centred approach*), dok konstruktivistički nivo namere korišćenja (engl. *Behavioral Intention – Constructivist*, BIC) podrazumeva primenu računara u nastavi usmerenoj na učenika (engl. *student-centred / constructivist approach*), koja uključuje aktivnu konstrukciju znanja, istraživanje i saradnju.

Polazeći od nalaza prethodnih istraživanja u nastavi matematike, može se pretpostaviti da prelazak ka inovativnoj upotrebi tehnologije ne predstavlja naglu promenu, već postepen razvojni proces. Nastavnici koji najpre razviju nameru da koriste računar kao podršku tradicionalnoj nastavi imaju veću verovatnoću da vremenom usvoje i složenije, pedagoški zahtevnije oblike primene tehnologije. Ovakav razvojni odnos između nivoa upotrebe uočen je u prethodnim studijama u oblasti matematičkog obrazovanja, koje ukazuju da inovativna upotreba IKT često predstavlja nadgradnju postojeće prakse, a ne njenu potpunu zamenu (Milutinović & Mandić, 2022; Hoyles & Lagrange, 2010; Teo & Milutinović, 2015). Na osnovu ovih nalaza formulisana je sledeća hipoteza:

H1: Tradicionalni nivo namere korišćenja računara (BIT) značajno utiče na konstruktivistički nivo namere korišćenja računara u nastavi matematike (BIC).

Stavovi prema korišćenju računara predstavljaju jedan od centralnih konstrukata u modelima prihvatanja tehnologije. Empirijski nalazi pokazuju da nastavnici sa pozitivnim stavovima prema računarima češće razvijaju nameru da tehnologiju koriste u nastavi, naročito na tradicionalnom nivou, gde računar služi kao podrška postojećem načinu rada. U nastavi matematike, pozitivni stavovi su se pokazali kao ključan preduslov za prihvatanje tehnologije kao nastavnog sredstva, čak i kada ne dolazi do značajne transformacije pedagoškog pristupa (Milutinović & Mandić, 2022; Teo, 2009b).

Sa druge strane, iako su pozitivni stavovi neophodni i za konstruktivističku upotrebu tehnologije, istraživanja ukazuju da oni sami po sebi nisu uvek dovoljni za prelazak na nastavu usmerenu ka učeniku. Ipak, bez pozitivnih stavova prema korišćenju računara nastavnici teško mogu razviti nameru da tehnologiju koriste na inovativan način (Hoyles & Lagrange, 2010; Handal et al., 2011). Na osnovu pregleda literature, formulisane su sledeće hipoteze:

H2: Stavovi prema korišćenju računara (ATCU) značajno utiču na tradicionalni nivo namere korišćenja računara u nastavi matematike (BIT);

H3: Stavovi prema korišćenju računara (ATCU) značajno utiču na konstruktivistički nivo namere korišćenja računara u nastavi matematike (BIC).

U kontekstu nastave matematike, brojne studije, uključujući i istraživanja u domaćem obrazovnom okruženju, pokazuju da nastavnici koji računar doživljavaju kao koristan nastavni alat razvijaju pozitivnije stavove prema njegovoj upotrebi (Milutinović, 2016a; Milutinović & Mandić, 2022; Teo & Milutinović, 2015). Slično tome, ako nastavnici percipiraju da je računar lak za upotrebu i lako uklopiv u nastavni proces, veća je verovatnoća da će prema njemu razviti pozitivan stav (Teo, 2009b).

Na osnovu ovih nalaza, formulisane su sledeće hipoteze:

H4: Doživljaj lakoće korišćenja računara (PEU) značajno utiče na stavove prema korišćenju računara (ATCU);

H5: Doživljaj korisnosti računara (PU) značajno utiče na stavove prema korišćenju računara (ATCU).

Konačno, TAM pretpostavlja da doživljaj lakoće korišćenja ima i indirektnu ulogu u prihvatanju tehnologije, jer tehnologije koje se doživljavaju kao jednostavne za upotrebu češće bivaju percipirane kao korisne. U nastavi matematike, nastavnici koji smatraju da je računar lak za primenu na času imaju veću verovatnoću da uoče njegov pedagoški potencijal i korist za učenje učenika (Davis, 1989; Venkatesh & Davis, 2000; Milutinović, 2016a). Na osnovu ovog pregleda literature, postavljena je sledeća hipoteza:

H6: Doživljaj lakoće korišćenja računara (PEU) značajno utiče na doživljaj korisnosti računara (PU).

1.2.2 Tehnološko-pedagoško znanje sadržaja (TPCK)

U oblasti matematičkog obrazovanja, brojna istraživanja ukazuju da uspešna integracija informaciono-komunikacionih tehnologija ne zavisi isključivo od pozitivnih stavova nastavnika prema tehnologiji, već i od njihovih specifičnih profesionalnih znanja i uverenja o sopstvenoj kompetentnosti. Prema Dukakis i saradnicima (Doukakis et al., 2010), ključni faktori za integraciju obrazovnog softvera i digitalnih nastavnih scenarija u nastavu matematike jesu pozitivni stavovi prema IKT i obrazovnom softveru, kao i samoeфикаsnost nastavnika u korišćenju tehnoloških alata i matematičkih sadržaja.

U tom smislu, samoeфикаsnost nastavnika u primeni tehnologije u nastavi matematike tesno je povezana sa tehnološko-pedagoškim znanjem sadržaja (engl. *Technological-Pedagogical Content Knowledge* – TPCK), koje obuhvata integraciju tehnoloških, pedagoških i predmetno-specifičnih kompetencija. Koncept TPCK zasnovan je na Šulmanovoj (Shulman, 1986) ideji pedagoškog znanja sadržaja, koja je proširena uključivanjem tehnološkog znanja kao posebne, ali integrisane komponente nastavničke kompetentnosti (Mishra & Koehler, 2006; Angeli & Valanides, 2009). U okviru TPCK, znanje nastavnika ne posmatra se kao zbir izolovanih domena, već kao integracija znanja sadržaja (engl. *Content Knowledge* – CK), pedagoškog znanja (engl. *Pedagogical Knowledge* – PK) i tehnološkog znanja (engl. *Technological Knowledge* – TK), koja omogućava smislenu i efektivnu primenu tehnologije u konkretnom nastavnom kontekstu.

U nastavi matematike, TPCK podrazumeva sposobnost nastavnika da razume na koji način digitalni alati mogu podržati vizuelizaciju apstraktnih pojmova, istraživačke aktivnosti, matematičko modeliranje, rešavanje problema i konstrukciju znanja, kao i da osmisli nastavne aktivnosti u kojima tehnologija ima jasnu pedagošku funkciju. Posebno je značajna podrška tehnologije razvoju algoritamskog razmišljanja, koje predstavlja važnu komponentu matematičkog obrazovanja i analitičkih sposobnosti učenika (Milutinović, 2024a; Milutinović & Đorđević, 2019). Od svog uvođenja, TPCK se pokazao kao koristan teorijski okvir za proučavanje uvođenja tehnologije u nastavu matematike, kao i u obrazovanje nastavnika i budućih nastavnika matematike (Niess, 2005; Niess, 2007).

Istraživanja pokazuju da nedostatak TPCK predstavlja jednu od glavnih prepreka integraciji tehnologije u nastavu matematike. Vačira i Kengve (Wachira & Keengwe, 2011) su utvrdili da nastavnici, iako prepoznaju potencijal IKT za unapređenje učenja, često ne poseduju dovoljno razvijena znanja i veštine da tehnologiju efikasno primene u svakodnevnoj nastavnoj praksi. Slični nalazi zabeleženi su i u domaćem kontekstu, gde je pokazano da nastavnici sa nedovoljno razvijenim TPCK češće koriste tehnologiju na tradicionalnom, ka nastavniku usmerenom nivou, dok nastavnici sa višim nivoom TPCK imaju veću spremnost da tehnologiju integrišu u nastavu na inovativan, konstruktivistički način (Milutinović & Mandić, 2022; Teo & Milutinović, 2015).

U tom smislu, TPCK se može posmatrati kao ključni faktor koji objašnjava razlike u nivou namere korišćenja računara u nastavi matematike. Dok osnovni TAM konstrukti mogu objasniti prihvatanje tehnologije kao podrške postojećoj nastavnoj praksi, upravo TPCK omogućava nastavnicima da prepoznaju pedagošku vrednost tehnologije i da je primene u nastavi usmerenoj na učenika. Nastavnici sa razvijenim TPCK ne samo da imaju veću nameru da koriste računar u nastavi, već su spremniji da tehnologiju koriste za podsticanje aktivnog učenja, istraživanja i konstrukcije znanja, što predstavlja viši, konstruktivistički nivo upotrebe. Rezultati studija pokazuju da inovativni pristupi, kao što je gejmfikacija, mogu značajno doprineti motivaciji učenika i razvoju interesovanja za programiranje (Milutinović, Obradović, & Đorđević, 2025).

Imajući u vidu navedena teorijska razmatranja i rezultate prethodnih istraživanja, u ovoj studiji TPCK je uključen kao eksterna promenljiva koja utiče na različite nivoe namere korišćenja računara u nastavi matematike. Na osnovu prethodnog pregleda relevantne literature formulisane su sledeće hipoteze:

H7: Tehnološko-pedagoško znanje sadržaja (TPCK) značajno utiče na tradicionalni nivo namere korišćenja računara u nastavi matematike (BIT);

H8: Tehnološko-pedagoško znanje sadržaja (TPCK) značajno utiče na konstruktivistički nivo namere korišćenja računara u nastavi matematike (BIC).

1.2.3 Tehnološka kompleksnost

Tehnološka kompleksnost (engl. *Technological Complexity* – TC) odnosi se na stepen u kojem se tehnologija ili informacioni sistem percipira kao težak za razumevanje, učenje i upotrebu (Thompson et al., 1991). Za razliku od doživljaja lakoće korišćenja, koji predstavlja pozitivnu percepciju jednostavnosti primene tehnologije, tehnološka kompleksnost odražava prepreke i teškoće koje korisnici uočavaju prilikom njenog korišćenja.

Tompson i saradnici (Thompson et al., 1991) su u svojim istraživanjima utvrdili da postoji značajna negativna povezanost između percipirane kompleksnosti tehnologije i njene stvarne upotrebe. Ukoliko korisnici smatraju da je sistem složen, zahtevan ili težak za savladavanje, manja je verovatnoća da će ga prihvatiti i koristiti u praksi. Shodno tome, logično je očekivati da percepcija tehnološke kompleksnosti ima direktan uticaj na doživljaj lakoće korišćenja tehnologije, kao jedan od ključnih konstrukata TAM-a.

U obrazovnom kontekstu, a posebno u nastavi matematike, tehnološka kompleksnost može predstavljati značajnu prepreku integraciji IKT. Nastavnici se često suočavaju sa ograničenim vremenom za pripremu nastave, nedovoljnom tehničkom podrškom i potrebom da istovremeno upravljaju nastavnim sadržajem, učenicima i tehnološkim alatima. U takvim uslovima, tehnologija koja se doživljava kao složena može dovesti do negativnih stavova i odustajanja od njene primene (Bennison & Goos, 2010; Pierce & Ball, 2009).

Istraživanja u oblasti prihvatanja tehnologije u obrazovanju pokazuju da tehnološka kompleksnost ima značajan direktan uticaj na stavove prema upotrebi računara, kao i na nameru nastavnika da tehnologiju koriste u nastavi (Teo, 2010, 2012). Nastavnici koji tehnologiju percipiraju kao previše složenu češće se odlučuju za njenu minimalnu ili povremenu upotrebu, ili je u potpunosti izbegavaju, posebno kada je reč o inovativnim, pedagoški zahtevnijim oblicima primene.

U kontekstu modela ove studije, tehnološka kompleksnost se posmatra kao faktor koji može ograničiti prelazak sa tradicionalnog na konstruktivistički nivo namere korišćenja računara. Dok nastavnici mogu razviti nameru da koriste računar kao podršku nastavi usmerenoj na nastavnika, visoka percepcija kompleksnosti tehnologije može predstavljati značajnu prepreku za njenu primenu u učeniku usmerenim, inovativnim nastavnim aktivnostima, koje zahtevaju veću fleksibilnost, tehničku sigurnost i pedagošku osmišljenost.

Pored toga, tehnološka kompleksnost je u tesnoj vezi sa doživljajem lakoće korišćenja. Tehnologija koja se percipira kao složena, neintuitivna ili tehnički zahtevna, umanjuje doživljaj lakoće upotrebe, što posredno može uticati i na stavove i nameru korišćenja računara u nastavi matematike.

Na osnovu prethodno izloženih teorijskih razmatranja i rezultata prethodnih istraživanja, u ovoj studiji formulisane su sledeće hipoteze:

H9: Tehnološka kompleksnost (TC) značajno utiče na konstruktivistički nivo namere korišćenja računara u nastavi matematike (BIC);

H10: Tehnološka kompleksnost (TC) značajno utiče na doživljaj lakoće korišćenja računara (PEU).

1.2.4 Olakšavajući uslovi

Olakšavajući uslovi (engl. *Facilitating Conditions* – FC) odnose se na stepen u kojem pojedinac veruje da postoji adekvatna tehnička, organizaciona i institucionalna podrška koja omogućava korišćenje tehnologije (Venkatesh et al., 2003). Ovaj konstrukt obuhvata dostupnost tehničke infrastrukture, hardverskih i softverskih resursa, tehničke podrške, kao i mogućnosti za stručni razvoj i podršku od strane institucije i kolektiva.

U teorijskim modelima prihvatanja tehnologije, posebno u Objedinjenoj teoriji prihvatanja i korišćenja tehnologije (UTAUT), olakšavajući uslovi imaju ključnu ulogu u objašnjavanju stvarne upotrebe tehnologije, ali i namere korišćenja u situacijama kada je upotreba dobrovoljna ili kada zahteva dodatni napor i angažovanje korisnika (Venkatesh et al., 2003; Venkatesh et al., 2012). U obrazovnom kontekstu, nastavnici mogu imati pozitivne stavove i nameru da koriste tehnologiju, ali ukoliko ne postoje odgovarajući olakšavajući uslovi, ta namera često ostaje nerealizovana.

U nastavi matematike, olakšavajući uslovi imaju poseban značaj zbog specifičnosti nastavnog procesa koji zahteva istovremeno upravljanje nastavnim

sadržajem, učenicima i tehnološkim alatima. Nedostatak odgovarajuće opreme, nestabilna internet konekcija, ograničen pristup računarima ili interaktivnim tablama, kao i nedovoljna tehnička podrška, mogu značajno uticati na spremnost nastavnika da tehnologiju koriste u nastavi (Teo, 2011; Tondeur et al., 2020).

Istraživanja pokazuju da olakšavajući uslovi imaju direktan uticaj na nameru korišćenja tehnologije u obrazovanju, kao i na njenu stvarnu upotrebu (Teo & Van Schaik, 2009; Wong et al., 2005). Međutim, u kontekstu različitih nivoa upotrebe tehnologije, uloga olakšavajućih uslova može se razlikovati. Dok je za tradicionalni, ka nastavniku usmeren nivo korišćenja računara dovoljna osnovna tehnička infrastruktura i minimalna podrška, konstruktivistički, ka učeniku usmeren nivo primene tehnologije podrazumeva složenije nastavne aktivnosti, veću fleksibilnost, stabilnost tehničkog sistema i kontinuiranu podršku.

Zbog toga se može očekivati da olakšavajući uslovi u većoj meri podstiču nameru korišćenja računara na konstruktivističkom nivou, gde nastavnici moraju da se oslone na pouzdanost tehnologije i podršku okruženja kako bi uspešno realizovali inovativne nastavne pristupe. Ukoliko nastavnici percipiraju da škola i institucija pružaju adekvatnu podršku, veća je verovatnoća da će razviti nameru da tehnologiju koriste ne samo kao pomoćno sredstvo, već kao sastavni deo nastave usmerene na učenika.

Na osnovu prethodno izloženih teorijskih razmatranja i rezultata prethodnih istraživanja, u ovoj studiji olakšavajući uslovi su uključeni kao eksterna promenljiva koja utiče na različite nivoe namere korišćenja računara u nastavi matematike. Na osnovu pregleda literature formulisane su sledeće hipoteze:

H11: Olakšavajući uslovi (FC) značajno utiču na tradicionalni nivo namere korišćenja računara u nastavi matematike (BIT);

H12: Olakšavajući uslovi (FC) značajno utiču na konstruktivistički nivo namere korišćenja računara u nastavi matematike (BIC).

1.2.5 Subjektivna norma

Polazeći od Teorije razumnog delovanja (engl. *The Theory of Reasoned Action* – TRA), Fišbejn i Ajzen (Fishbein & Ajzen, 1975) definisali su subjektivnu normu kao percepciju pojedinca o društvenim pritiscima, odnosno o tome kako značajne osobe iz njegovog okruženja vrednuju izvršavanje određenog ponašanja. Subjektivna norma (engl. *Subjective Norm* – SN) odražava uverenje pojedinca da li „važni drugi” smatraju da on treba ili ne treba da sprovede dato ponašanje. Efekat subjektivne norme na ponašanje pojedinca zavisi od značaja koji ta osoba pripisuje mišljenju drugih; ukoliko pojedinac ne pridaje važnost stavovima okruženja, uticaj subjektivne norme na njegovu nameru ponašanja biće slab ili zanemarljiv.

Brojna istraživanja pokazala su da je subjektivna norma značajan prediktor namere ponašanja u različitim društvenim kontekstima (Fishbein & Ajzen, 1975). U oblasti prihvatanja tehnologije, subjektivna norma je empirijski testirana i

pokazala je direktan uticaj na nameru korišćenja tehnologije (Mathieson, 1991; Taylor & Todd, 1995), kao i indirektan uticaj kroz druge ključne konstrukcije TAM-a (Venkatesh & Davis, 2000). Venkateš i Dejvis (Venkatesh & Davis, 2000) ukazali su da subjektivna norma može imati značajan indirektan efekat na nameru korišćenja tehnologije posredstvom doživljaja korisnosti, naročito u situacijama u kojima pojedinci usvajaju stavove i očekivanja svog okruženja kao sopstvene.

U modelima prihvatanja tehnologije, subjektivna norma odražava uverenje pojedinca da ljudi koji su za njega značajni – kao što su kolege, profesori, rukovodioci obrazovnih ustanova ili predstavnici stručne zajednice – očekuju od njega da koristi tehnologiju. U kontekstu ove studije, referentni drugi mogu obuhvatati kolege nastavnike, nastavnike metodike, rukovodstvo škole, stručne saradnike, kao i preporuke i inicijative koje podstiču upotrebu IKT u nastavi matematike.

Prema Teoriji planiranog ponašanja (Ajzen, 1991) i Objedinjenoj teoriji prihvatanja i korišćenja tehnologije (Venkatesh et al., 2003), subjektivna norma, odnosno socijalni uticaj, može imati direktan efekat na nameru ponašanja, ali i posredan uticaj kroz ključne perceptivne konstrukcije, pre svega doživljaj korisnosti. U TAM2 modelu, Venkateš i Dejvis (Venkatesh & Davis, 2000) teorijski su obrazložili da subjektivna norma utiče na doživljaj korisnosti putem mehanizma internalizacije: ukoliko pojedinac veruje da značajni drugi smatraju tehnologiju korisnom, veća je verovatnoća da će i sam usvojiti takvo uverenje i tehnologiju doživljavati kao korisnu.

Ovaj odnos je potvrđen u velikom broju empirijskih istraživanja. Metaanaliza koju su sprovedi Šepers i Vecels (Schepers & Wetzels, 2007), obuhvativši 88 studija, pokazala je snažan i stabilan odnos između subjektivne norme i doživljaja korisnosti. Slični nalazi dobijeni su i u obrazovnim istraživanjima, gde je utvrđeno da subjektivna norma značajno utiče na percepciju korisnosti i stavove prema upotrebi tehnologije (Jan & Contreras, 2011; Park, 2009; Teo, 2010).

U kontekstu nastave matematike, socijalni uticaji mogu imati poseban značaj, budući da odluke nastavnika o upotrebi tehnologije često nisu isključivo individualne, već se oblikuju pod uticajem institucionalnih očekivanja, nastavnih programa i kulture škole. Istraživanja pokazuju da nastavnici koji percipiraju snažnu podršku svog okruženja češće razvijaju pozitivniji doživljaj korisnosti tehnologije i veću spremnost za njenu integraciju u nastavu (Motaghian et al., 2013; Teo, 2010). Sa druge strane, pojedine studije ukazuju da subjektivna norma ne mora uvek imati direktan uticaj na nameru korišćenja tehnologije, posebno u kontekstima u kojima je njena upotreba dobrovoljna (Ma et al., 2005). Ovi nalazi dodatno potvrđuju značaj posredničke uloge perceptivnih konstrukcija TAM-a.

Iako subjektivna norma nije bila uključena u originalni TAM model (Davis et al., 1989), kasnija istraživanja su pokazala da ona može značajno uticati na stavove i percepcije korisnika. Oslanjajući se na Kelmanovu teoriju socijalnog uticaja (Kelman, 1958), pojedinci mogu prihvatiti uverenja značajnih drugih kako bi ostvarili osećaj pripadnosti i usklađenosti sa okruženjem, što se odražava na njihove

stavove i percepcije tehnologije. Ovaj mehanizam je empirijski potvrđen u više studija (Malhotra & Galletta, 1999; Park, 2009).

Pored uticaja na doživljaj korisnosti, istraživanja ukazuju da subjektivna norma može značajno uticati i na doživljaj lakoće korišćenja tehnologije. Kada nastavnici i budući nastavnici percipiraju da njihovo okruženje podržava upotrebu tehnologije, veća je verovatnoća da će je doživeti kao pristupačniju, manje zahtevnu i lakšu za primenu u nastavi. Ovaj odnos potvrđen je u više metaanalitičkih i empirijskih istraživanja u oblasti prihvatanja tehnologije, koja pokazuju da socijalni uticaj može oblikovati ne samo procenu korisnosti, već i procenu lakoće upotrebe (Schepers & Wetzels, 2007; Teo, 2010; Venkatesh & Davis, 2000). Posebno je značajno što su slični nalazi dobijeni i u kontekstu Srbije. Istraživanja su pokazala da subjektivna norma, odnosno percipirana očekivanja i podrška značajnih drugih, ima pozitivan uticaj na doživljaj lakoće korišćenja tehnologije kod budućih nastavnika i u širem obrazovnom kontekstu (Teo & Milutinović, 2015; Milutinović, 2022; Milutinović & Mandić, 2022; Milutinović, 2025). Ovi nalazi ukazuju da prihvatanje tehnologije u obrazovanju nije isključivo rezultat individualnih uverenja, već da se oblikuje i pod uticajem socijalnog i institucionalnog okruženja.

Polazeći od prethodno izloženih teorijskih razmatranja i rezultata prethodnih istraživanja, u ovoj studiji subjektivna norma je uključena kao socijalni faktor koji utiče na ključne TAM konstrukcije u nastavi matematike. Na osnovu pregleda literature formulisane su sledeće hipoteze.

H13: Subjektivna norma (SN) značajno utiče na doživljaj korisnosti računara (PU).

H14: Subjektivna norma (SN) značajno utiče na doživljaj lakoće korišćenja računara (PEU).

1.3 Nivoi korišćenja računara u nastavi matematike

Istraživanja u oblasti obrazovnih tehnologija ukazuju da se upotreba računara u nastavi ispoljava u različitim oblicima i na različitim nivoima, u zavisnosti od pedagoških pristupa, nastavnih strategija i načina integracije tehnologije u nastavnu praksu (Drent & Meelissen, 2008; Jonassen, 2000; Maddux et al., 1997; Teo, 2009b; Tondeur et al., 2007; Tubin, 2012; Voogt, 2010).

Jonassen (Jonassen, 2000) ističe da se računari u obrazovanju mogu koristiti kao kognitivni alati koji podržavaju različite oblike učenja, uključujući semantičku organizaciju znanja, dinamičko modelovanje (engl. *dynamic modelling tools* – DMT), interpretaciju (engl. *interpretation tools* – IT), konstrukciju znanja (engl. *knowledge construction tools* – KCT) i komunikaciju (engl. *conversation tools* – CT). Slično tome, Tondeur i saradnici (Tondeur et al., 2007) razlikuju upotrebu računara kao informacionog sredstva, sredstva za učenje i sredstva za razvoj osnovnih digitalnih veština.

Ipak, savremene studije sve više naglašavaju da ključna razlika u upotrebi računara u obrazovanju ne leži u samom tipu tehnologije, već u strategiji njene

pedagoške integracije (Drent & Meelissen, 2008; Teo, 2009a; Tubin, 2012; Voogt, 2010). U tom kontekstu, za potrebe ove studije, usvojen je pristup koji razlikuje dva nivoa korišćenja računara u nastavi matematike, u skladu sa tipologijom koju su predložili Tubin (2012) i Maduks i saradnici (Maddux et al., 1997).

Prvi nivo odnosi se na korišćenje računara kao podrške tradicionalnoj, prema nastavniku usmerenoj nastavi (tip I), dok drugi nivo podrazumeva upotrebu tehnologije koja omogućava nove, inovativne i pedagoški transformativne oblike učenja (tip II). Ova podela direktno je usklađena sa koncepcijom tradicionalnog (BIT) i konstruktivističkog (BIC) nivoa namere korišćenja računara, koji su obuhvaćeni istraživačkim modelom ove studije.

1.3.1 Tradicionalni nivo upotrebe računara

Tradicionalni nivo upotrebe računara u nastavi matematike podrazumeva korišćenje informaciono-komunikacionih tehnologija kao podrške nastavi kojom dominantno rukovodi nastavnik, a koja je zasnovana na frontalnom obliku rada i prenošenju znanja. U ovom nivou, upotreba računara ne dovodi do suštinskih promena u pedagoškom pristupu, već služi za efikasnije ostvarivanje tradicionalnih nastavnih ciljeva pod sličnim uslovima kao i u nastavi bez tehnologije (Tubin, 2012; Teo, 2009a).

Tradicionalni nivo upotrebe obuhvata korišćenje računara kao sredstva za informisanje, prezentaciju sadržaja i proveru znanja, pri čemu učenici rade na istim nastavnim materijalima, istim tempom i uz ograničene mogućnosti individualizacije ili aktivnog učešća. U ovom kontekstu, računar se često koristi kao zamenja za postojeća nastavna sredstva, bez značajne transformacije nastavne prakse (Voogt, 2010).

U nastavi matematike u tradicionalni nivo upotrebe mogu se svrstati aktivnosti kao što su: projekcija već pripremljenih prezentacija, izrada nastavnih prezentacija, korišćenje gotovih softverskih modela za demonstraciju pojava, kao i primena onlajn testova i kvizova za proveru znanja. Ove aktivnosti odgovaraju Jonasenovim kategorijama interpretativnih i konstruktivnih alata (IT, KCT), kao i dinamičkih modela (DMT), ali bez izražene učenjske autonomije ili aktivne konstrukcije znanja.

1.3.2 Inovativni nivo upotrebe računara

Inovativni nivo upotrebe računara u nastavi matematike podrazumeva primenu IKT kao integralnog dela nastavnog procesa koji je usmeren na učenika i zasnovan na konstruktivističkim principima učenja. U ovom nivou, tehnologija ne služi samo kao podrška postojećoj nastavnoj praksi, već omogućava nove oblike učenja koji bez nje ne bi bili mogući (Drent & Meelissen, 2008; Tubin, 2012).

Inovativna upotreba računara podrazumeva proširivanje granica učionice, povezivanje nastavnih sadržaja sa realnim problemima i podsticanje učenika da

aktivno učestvuju u procesu učenja kroz istraživanje, saradnju i rešavanje problema (Teo, 2009a). U ovom pristupu, računar postaje sredstvo za razvoj kritičkog mišljenja, saradnje i samoregulacije u učenju.

U nastavi matematike inovativni nivo upotrebe računara obuhvata aktivnosti kao što su razvoj i istraživanje matematičkih modela pomoću dinamičkih geometrijskih softvera, korišćenje veb-alata (npr. *Wiki* platformi) za zajedničku konstrukciju znanja, kao i komunikaciju i timski rad učenika na projektnim zadacima i rešavanju kompleksnih problema. Ove aktivnosti odgovaraju Jonasenovim kategorijama dinamičkog modelovanja, konstrukcije znanja i komunikacije (DMT, KCT, CT), i predstavljaju osnovu za konstruktivistički pristup nastavi, usmeren na učenika.

1.4 Kontekst istraživanja

Srbija je zemlja u razvoju u jugoistočnoj Evropi sa populacijom od oko 7,1 milion stanovnika. Obrazovni sistem u Srbiji organizovan je tako da je besplatno i obavezno osnovno obrazovanje obezbeđeno za decu uzrasta od 7 do 15 godina (od prvog do osmog razreda), dok je srednje obrazovanje, koje pohađaju učenici uzrasta od 15 do 19 godina, besplatno, ali nije zakonski obavezno. Osnovno obrazovanje i vaspitanje traje osam godina i realizuje se kroz dva obrazovna ciklusa: prvi ciklus (od prvog do četvrtog razreda) u okviru razredne nastave i drugi ciklus (od petog do osmog razreda) u okviru predmetne nastave, u skladu sa važećim školskim programima.

U zavisnosti od nivoa nastave i predmeta, nastavnici u osnovnim i srednjim školama stižu obrazovanje na relevantnim fakultetima i univerzitetima. Učitelji koji realizuju razrednu nastavu u prvom ciklusu osnovne škole obrazuju se na učiteljskim i pedagoškim fakultetima, dok nastavnici predmetne nastave, uključujući nastavnike matematike, završavaju odgovarajuće nastavničke studijske programe na fakultetima prirodno-matematičkog, filološkog ili umetničkog usmerenja. U skladu sa važećim zakonskim propisima, svi nastavnici su u obavezi da steknu obrazovanje na nivou master studija, sa obavezanim komponentama iz pedagogije, psihologije i metodike nastave predmeta, kako bi mogli da započnu rad u školi (Zakon o osnovama sistema obrazovanja i vaspitanja, 2017–2023).

Prema Zakonu o osnovama sistema obrazovanja i vaspitanja, jedan od ključnih ciljeva obrazovanja u Srbiji jeste da omogući sticanje kvalitetnih znanja, veština i stavova neophodnih za lično ostvarenje, aktivno učešće u društvu i uspešnu zapošljivost. Posebno se ističe značaj razvoja matematičke pismenosti, kompetencija u nauci i tehnologiji, digitalnih kompetencija, kao i kompetencija za celoživotno učenje. Obrazovni sistem takođe ima za cilj razvoj sposobnosti pronalaženja, analiziranja, kritičke procene i primene informacija, uz efikasno i odgovorno korišćenje informaciono-komunikacionih tehnologija (IKT) (Zakon o osnovama sistema obrazovanja i vaspitanja, 2017–2023; Vlada Republike Srbije, 2021).

U cilju unapređivanja digitalne infrastrukture i integracije IKT u obrazovanje, u Srbiji je nakon 2010. godine realizovan niz nacionalnih inicijativa. Pored ranijeg projekta „Digitalna škola”, posebno se izdvajaju projekti „Povezane škole”, kojima je obezbeđen brz i bezbedan internet u školama, kao i inicijative usmerene na razvoj digitalnih učionica i opremanje IT kabineta savremenom opremom. Ovi procesi dodatno su podržani uvođenjem obaveznih nastavnih predmeta Informatika i računarstvo u drugom ciklusu osnovnog obrazovanja i Digitalni svet u prvom ciklusu, čime je digitalna pismenost sistemski integrisana u nastavne programe (Ministarstvo prosvete, 2017–2020; Ministarstvo prosvete, 2020; OECD, 2023).

Pored infrastrukturnih ulaganja, posebna pažnja posvećena je razvoju digitalnih kompetencija nastavnika, kako kroz inicijalno obrazovanje, tako i kroz programe stručnog usavršavanja. U tom kontekstu, naglašava se potreba za kontinuiranim profesionalnim razvojem nastavnika, koji podrazumeva ne samo tehničku, već i pedagoški smislenu primenu tehnologije u nastavi.

Međutim, uprkos značajnim ulaganjima u infrastrukturu i formalnom uključivanju IKT u nastavne programe, brojna istraživanja pokazuju da je upotreba tehnologije u nastavi u Srbiji i dalje ograničena i često svedena na tradicionalne, niskointegrisane oblike primene. Istraživanja su pokazala da nastavnici matematike tehnologiju češće koriste u privatne nego u profesionalne svrhe, kao i da je njena upotreba u nastavi uglavnom orijentisana na podršku tradicionalnom pristupu, usmerenom ka nastavniku (Dimitrijević et al., 2012; Milutinović & Mandić, 2022).

Istraživanja u srpskom obrazovnom kontekstu dodatno ukazuju da na prihvatanje i upotrebu tehnologije u nastavi matematike značajno utiču stavovi nastavnika, njihov doživljaj korisnosti i lakoće upotrebe tehnologije, kao i nivo razvijenosti digitalnih i pedagoško-tehnoloških kompetencija (Milutinović, 2016; Teo et al., 2017). Pokazalo se da nastavnici i budući nastavnici koji poseduju razvijenije tehnološko-pedagoško znanje i pozitivnije stavove prema IKT ispoljavaju veću spremnost da tehnologiju koriste na inovativan, učenički usmeren način, dok ograničena znanja i nesigurnost u sopstvene kompetencije često vode ka izbegavanju ili minimalnoj upotrebi tehnologije u nastavi (Milutinović & Mandić, 2022).

Posebno je značajno naglasiti da nastavnici iz prakse predstavljaju heterogenu grupu, u kojoj se razlike u iskustvu, profesionalnom razvoju i izloženosti savremenim tehnologijama odražavaju na način i nivo njihove upotrebe IKT u nastavi matematike. Upravo iz tog razloga, u ovoj studiji se kontekst istraživanja proširuje i na nastavnike koji već realizuju nastavu matematike u osnovnim i srednjim školama, pored budućih učitelja i budućih nastavnika matematike. Ovakva postavka omogućava sveobuhvatnije sagledavanje faktora koji utiču na prihvatanje tehnologije u različitim fazama profesionalnog razvoja nastavnika, u specifičnom kontekstu obrazovnog sistema Srbije kao zemlje u razvoju.

1.5 Model istraživanja

U ovoj studiji centralne zavisne promenljive su namere korišćenja računara u nastavi matematike, i to na nižem nivou upotrebe – tradicionalnoj primeni, usmerenoj ka nastavniku (*Behavioral Intention – Traditional use*, BIT) i na višem nivou upotrebe – inovativnoj primeni, usmerenoj ka učeniku (*Behavioral Intention – Constructivist use*, BIC). Izbor namere korišćenja kao ključne zavisne promenljive zasniva se na brojnim teorijskim i empirijskim istraživanjima koja pokazuju da je namera ponašanja jedan od najpouzdanijih prediktora stvarne upotrebe tehnologije (Ajzen, 1991; Huet al., 2003; Kiraz & Ozdemir, 2006).

Prema Teoriji planiranog ponašanja, namera ponašanja odražava stepen u kojem je pojedinac spreman da uloži napor kako bi izvršio određeno ponašanje i predstavlja direktnu prethodnicu stvarne aktivnosti (Ajzen, 1991). U tom smislu, ispitivanje namere korišćenja IKT u nastavi matematike omogućava pouzdano predviđanje budućeg ponašanja nastavnika, kako kod budućih učitelja i budućih nastavnika matematike, tako i kod nastavnika koji već rade u obrazovnoj praksi.

Podrška ovakvom pristupu nalazi se i u metaanalitičkim studijama. Turner i saradnici (Turner et al., 2010), u pregledu 79 empirijskih istraživanja, ukazuju na stabilan i pozitivan odnos između namere korišćenja i stvarne upotrebe tehnologije, što dodatno opravdava izbor namere kao ključne zavisne promenljive u modelima prihvatanja tehnologije.

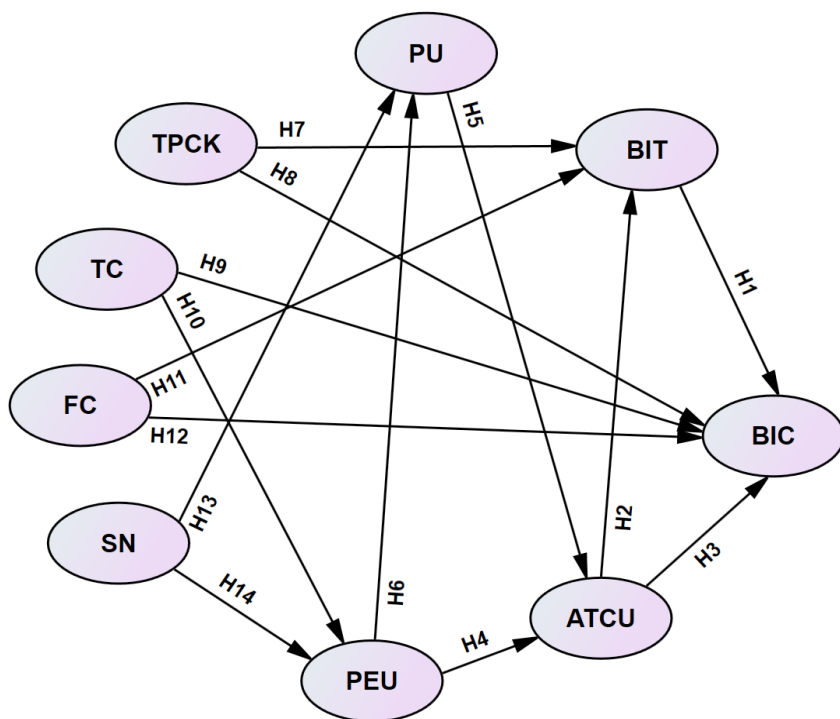
Polazeći od Modela prihvatanja tehnologije (TAM), u ovom istraživanju se ispituju odnosi između osnovnih TAM konstrukata — doživljaja korisnosti (PU), doživljaja lakoće korišćenja (PEU) i stavova prema korišćenju računara (ATCU) — i namere korišćenja računara na tradicionalnom (BIT) i inovativnom nivou (BIC). Pored toga, model je proširen uključivanjem relevantnih eksternih promenljivih koje su se u prethodnim istraživanjima pokazale značajnim u obrazovnom kontekstu, a posebno u nastavi matematike. Te promenljive obuhvataju: tehnološko-pedagoško znanje sadržaja (TPCK), tehnološku kompleksnost (TC), olakšavajuće uslove (FC) i subjektivnu normu (SN).

Uključivanjem ovih konstrukata nastoji se da se prevaziđu ograničenja klasičnog TAM-a i da se model prilagodi specifičnostima obrazovnog konteksta, u kojem odluke nastavnika o upotrebi tehnologije ne zavise isključivo od individualnih percepcija, već i od pedagoških kompetencija, institucionalne podrške i socijalnog okruženja.

Model istraživanja, koji integriše TAM konstrukte sa navedenim eksternim faktorima i razlikuje dva nivoa namere korišćenja računara u nastavi matematike, prikazan je na Slici 1.1. Posebna vrednost predloženog modela ogleda se u tome što omogućava istovremeno ispitivanje direktnih i indirektnih uticaja prediktora na različite nivoe namere korišćenja tehnologije.

Pored toga, u ovoj studiji model se primenjuje u komparativnom okviru, što omogućava upoređivanje strukture i jačine odnosa između promenljivih kod tri

grupe ispitanika: budućih učitelja, budućih nastavnika matematike i nastavnika matematike iz prakse. Ovakva postavka omogućava dublje razumevanje načina na koji profesionalni razvoj i radno iskustvo oblikuju prihvatanje tehnologije i nameru njene primene u nastavi matematike.



Slika 1.1 Model istraživanja

BIT = namera korišćenja računara na nižem (tradicionalnom) nivou; BIC = namera korišćenja računara na višem (inovativnom, učenički usmerenom) nivou; ATCU = stavovi prema korišćenju računara (*Attitudes Toward Computer Use*); PU = doživljaj korisnosti (*Perceived Usefulness*); PEU = doživljaj lakoće korišćenja (*Perceived Ease of Use*); TPCK = percipirano tehnološko-pedagoško znanje sadržaja matematike (*Technological Pedagogical Content Knowledge*); TC = tehnološka kompleksnost (*Technological Complexity*); FC = olakšavajući uslovi (*Facilitating Conditions*); SN = subjektivna norma (*Subjective Norm*).

II METODOLOŠKI OKVIR

2.1 Metode istraživanja

Istraživanje predstavljeno u ovoj monografiji zasniva se na kvantitativnom istraživačkom pristupu, uz primenu više komplementarnih metoda iz oblasti pedagogije, obrazovne tehnologije i primenjene statistike. U cilju ispitivanja odnosa između psiholoških, pedagoških i kontekstualnih faktora koji utiču na nameru korišćenja računara u nastavi matematike, primenjene su sledeće metode: anketiranje kao osnovna tehnika prikupljanja podataka, deskriptivne i inferencijalne statističke analize, kao i modelovanje strukturalnim jednačinama (engl. *Structural Equation Modeling* – SEM) radi analize odnosa između latentnih konstrukata i testiranja teorijski zasnovanog istraživačkog modela.

Primena SEM pristupa omogućava istovremeno ispitivanje direktnih i indirektnih odnosa između više latentnih konstrukata, kao i proveru usklađenosti empirijskih podataka sa predloženim teorijskim modelom prihvatanja tehnologije.

2.1.1 Značaj i cilj istraživanja

U kontekstu nastave matematike u 21. veku, nastavnici se nalaze pod sve većim pritiskom da integrišu savremene informaciono-komunikacione tehnologije (IKT), kako zbog potrebe da učenici steknu kompetencije neophodne za život i rad u digitalnom društvu, tako i zbog potencijala tehnologije da unapredi kvalitet nastave i učenja. Istraživanja pokazuju da nastavnici koji češće koriste računare i digitalne alate razvijaju pozitivnije stavove i jaču nameru njihove upotrebe, što dalje podstiče kontinuirano korišćenje tehnologije u profesionalnom kontekstu (Yildirim, 2000).

Ipak, uprkos tehnološkoj dostupnosti i formalnom uključivanju IKT u nastavne programe, primena tehnologije u nastavi matematike često ostaje ograničena na tradicionalne, ka nastavniku usmerene oblike rada. Upravo iz tog razloga neophodno je preciznije identifikovati faktore koji oblikuju nameru nastavnika da koriste tehnologiju, ali i razlikovati nameru njene primene na nižem (tradicionalnom) i višem (inovativnom, konstruktivističkom) nivou.

Osnovni cilj ove studije je da ispita prediktore namere korišćenja računara u nastavi matematike na dva nivoa upotrebe:

- nižem nivou – tradicionalnoj upotrebi (BIT), usmerenoj ka nastavniku,
- višem nivou – inovativnoj upotrebi (BIC), usmerenoj ka učeniku.

Istraživanje se sprovodi u kontekstu Srbije kao zemlje u razvoju i obuhvata tri grupe ispitanika: buduće učitelje, buduće nastavnike matematike i nastavnike matematike iz obrazovne prakse.

Polazeći od proširenog TAM okvira i relevantnih savremenih istraživanja (Davis et al., 1989; Teo, 2009b; Venkatesh et al., 2003; Milutinović & Mandić, 2022), u model su uključeni sledeći prediktori: doživljaj korisnosti (PU), doživljaj lakoće korišćenja (PEU), stavovi prema korišćenju računara (ATCU), tehnološko-pedagoško znanje sadržaja (TPCK), tehnološka kompleksnost (TC), olakšavajući uslovi (FC) i subjektivna norma (SN). Predloženi model istraživanja prikazan je na Slici 1.1.

Posebna vrednost ove studije ogleda se u mogućnosti komparativne analize između različitih grupa ispitanika i različitih nivoa upotrebe tehnologije, čime se doprinosi dubljem razumevanju procesa prihvatanja IKT u različitim fazama profesionalnog razvoja nastavnika.

2.1.2 Zadaci istraživanja

U skladu sa definisanim ciljevima, istraživanje ima sledeće zadatke:

1. ispitati valjanost i pouzdanost predloženog istraživačkog modela primenom modelovanja strukturalnim jednačinama;
2. utvrditi ključne prediktore namere korišćenja računara na nižem (BIT) i višem (BIC) nivou primene u nastavi matematike;
3. ispitati ulogu namere korišćenja računara na nižem nivou kao posredujućeg mehanizma u formiranju namere korišćenja računara na višem nivou u nastavi matematike;
4. ispitati razlike u strukturnim odnosima i uticajima prediktora između budućih učitelja, budućih nastavnika matematike i nastavnika matematike iz prakse.

2.1.3 Istraživačka pitanja

Polazeći od teorijskih okvira prihvatanja tehnologije (TAM) i tehnološko-pedagoškog znanja sadržaja (TPCK), kao i od prethodnih empirijskih istraživanja u oblasti primene IKT-a u nastavi matematike, ovo istraživanje ima za cilj da ispita faktore koji utiču na nameru korišćenja računara na različitim nivoima nastavne primene, kao i da utvrdi da li se ti odnosi razlikuju između različitih grupa nastavnika.

U skladu sa tim, formulisana su sledeća istraživačka pitanja.

RQ1: Koji faktori značajno utiču na nameru korišćenja računara na nižem i višem nivou u nastavi matematike?

Ovo istraživačko pitanje usmereno je na ispitivanje direktnih odnosa između percipirane lakoće korišćenja, percipirane korisnosti, stavova prema upotrebi

računara, subjektivne norme, tehnološke kompleksnosti, olakšavajućih uslova i percipiranog tehnološko-pedagoškog znanja sadržaja matematike, kao i njihovog uticaja na nameru korišćenja računara na nižem i višem nivou nastavne primene.

RQ2: Da li namera korišćenja računara na nižem nivou predstavlja tranzicionu fazu ka prihvatanju naprednijih, pedagoški složenijih oblika primene tehnologije u nastavi matematike?

Ovim istraživačkim pitanjem ispituje se uloga namere korišćenja računara na nižem nivou kao posredujućeg mehanizma u formiranju namere korišćenja računara na višem nivou, odnosno da li se usvajanje osnovnih oblika primene tehnologije može posmatrati kao preduslov za razvoj inovativnijih i učnički usmerenih nastavnih praksi.

RQ3: Da li se strukturni odnosi u predloženom modelu razlikuju između budućih učitelja, budućih nastavnika matematike i nastavnika matematike iz prakse?

Ovo istraživačko pitanje usmereno je na ispitivanje stabilnosti i varijabilnosti strukturnih odnosa između konstrukata u različitim grupama ispitanika, primenom višegrupnog strukturnog modeliranja, kako bi se utvrdilo da li se mehanizmi prihvatanja tehnologije razlikuju u zavisnosti od profesionalnog statusa i nastavnog iskustva.

2.2 Hipoteze

Na osnovu pregleda relevantne literature i predloženog istraživačkog modela, formulisane su sledeće hipoteze:

H1: Namera korišćenja računara na nižem nivou (BIT) značajno utiče na nameru korišćenja računara na višem nivou (BIC);

H2: Stavovi prema korišćenju računara (ATCU) značajno utiču na nameru korišćenja računara na nižem nivou (BIT);

H3: Stavovi prema korišćenju računara (ATCU) značajno utiču na nameru korišćenja računara na višem nivou (BIC);

H4: Doživljaj lakoće korišćenja računara (PEU) značajno utiče na stavove prema korišćenju računara (ATCU);

H5: Doživljaj korisnosti računara (PU) značajno utiče na stavove prema korišćenju računara (ATCU);

H6: Doživljaj lakoće korišćenja računara (PEU) značajno utiče na doživljaj korisnosti računara (PU);

H7: Percipirano tehnološko-pedagoško znanje sadržaja matematike (TPCK) značajno utiče na nameru korišćenja računara na nižem nivou (BIT);

H8: Percipirano tehnološko-pedagoško znanje sadržaja matematike (TPCK) značajno utiče na nameru korišćenja računara na višem nivou (BIC);

H9: Tehnološka kompleksnost (TC) značajno utiče na nameru korišćenja računara na višem nivou (BIC);

H10: Tehnološka kompleksnost (TC) značajno utiče na doživljaj lakoće korišćenja računara (PEU);

H11: Olakšavajući uslovi (FC) značajno utiču na nameru korišćenja računara na nižem nivou (BIT);

H12: Olakšavajući uslovi (FC) značajno utiču na nameru korišćenja računara na višem nivou (BIC);

H13: Subjektivna norma (SN) značajno utiče na doživljaj korisnosti računara (PU);

H14: Subjektivna norma (SN) značajno utiče na doživljaj lakoće korišćenja računara (PEU).

2.2.1 Povezanost istraživačkih pitanja i hipoteza

Istraživačka pitanja u ovom istraživanju operacionalizovana su kroz skup hipoteza koje odražavaju pretpostavljene strukturne odnose između ključnih konstrukata u predloženom istraživačkom modelu. Hipoteze su formulisane na osnovu relevantnih teorijskih okvira prihvatanja tehnologije i rezultata prethodnih empirijskih istraživanja, a njihova empirijska provera omogućena je primenom modelovanja strukturalnim jednačinama.

Istraživačko pitanje RQ1, koje se odnosi na identifikaciju faktora koji utiču na nameru korišćenja računara na nižem i višem nivou nastavne primene, operacionalizovano je kroz hipoteze H2–H14. Ovim hipotezama ispituju se direktni uticaji percipirane lakoće korišćenja, percipirane korisnosti, stavova prema upotrebi računara, subjektivne norme, tehnološke kompleksnosti, olakšavajućih uslova i percipiranog tehnološko-pedagoškog znanja sadržaja matematike na endogene konstrukte u modelu, odnosno na nameru korišćenja računara na različitim nivoima primene.

Istraživačko pitanje RQ2, usmereno na ispitivanje uloge namere korišćenja računara na nižem nivou kao tranzicionog mehanizma ka prihvatanju naprednijih, pedagoški složenijih oblika primene tehnologije, operacionalizovano je kroz hipotezu H1, kojom se ispituje direktan uticaj namere korišćenja računara na nižem nivou na nameru korišćenja računara na višem nivou.

Istraživačko pitanje RQ3, koje se odnosi na ispitivanje razlika u strukturnim odnosima između budućih učitelja, budućih nastavnika matematike i nastavnika matematike iz prakse, realizovano je primenom višegrupnog strukturnog modeliranja. U okviru ove analize ispitana je stabilnost strukturnih putanja kroz poređenje neograničenih (engl. *unconstrained*) i ograničenih (engl. *constrained*) modela, čime je omogućeno formalno testiranje razlika između grupa ispitanika.

Integracija dobijenih rezultata i njihova interpretacija u širem teorijskom i praktičnom kontekstu prihvatanja IKT-a u nastavi matematike razmatrana je u poglavlju Diskusija.

2.3 Uzorak

2.3.1 Učesnici istraživanja i prikupljanje podataka

Polazeći od pretpostavke da je dužina studiranja povezana sa nivoom računarskog iskustva, kao i sa razvijenošću tehnološko-pedagoškog znanja sadržaja (TPCK), u ovom istraživanju fokus je stavljen na buduće učitelje i buduće nastavnike matematike koji se nalaze na završnim godinama studija. Odabrani su ispitanici koji su tokom studija odslušali većinu predmeta iz oblasti pedagogije, psihologije, metodike nastave matematike i obrazovnih tehnologija, što omogućava relevantnu procenu njihovih uverenja i namera u vezi sa upotrebom računara u nastavi matematike.

U istraživanju je učestvovalo ukupno 455 ispitanika sa tri univerziteta u Republici Srbiji. Uzorak je obuhvatao 309 budućih učitelja, 146 budućih nastavnika matematike, kao i 85 nastavnika matematike iz prakse iz različitih delova Srbije. U ukupnom uzorku, 12,8% ispitanika ($n = 69$) bilo je muškog pola. Prosečna starost učesnika iznosila je 25,56 godina ($SD = 8,37$). Budući učitelji i nastavnici matematike bili su studenti osnovnih studija regrutovani sa fakulteta za obrazovanje učitelja (pedagoški i učiteljski fakulteti) i fakulteta koji obrazuju nastavnike matematike (prirodno-matematički fakulteti).

Struktura uzorka po institucijama bila je sledeća: 209 ispitanika pohađalo je Fakultet pedagoških nauka u Jagodini Univerziteta u Kragujevcu, 100 Učiteljski fakultet u Užicu, 29 Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Kragujevcu, 75 Matematički fakultet Univerziteta u Beogradu i 42 Departman za matematiku Prirodno-matematičkog fakulteta Univerziteta u Novom Sadu.

Budući učitelji i nastavnici matematike koji su učestvovali u istraživanju činili su približno 60% ukupne populacije studenata završnih godina na uključenim univerzitetima. Većina studenata, njih 250 (54,9%), pohađala je treću godinu studija, dok su ostali bili na četvrtoj godini.

Prikupljanje podataka sprovedeno je tokom redovne nastave. Poziv za učešće u istraživanju upućen je studentima lično, a učešće je bilo dobrovoljno. Ispitanicima je objašnjena svrha istraživanja i ukazano na pravo da u bilo kom trenutku odustanu od učešća, bez ikakvih posledica. Pre popunjavanja upitnika, svi učesnici su odgledali kratak video-stimulus (filmski insert), čija je svrha bila da se jasnije i ujednačeno predstave različiti nivoi korišćenja računara u nastavi matematike, na koje su se odnosila pitanja o iskustvu i nameri ponašanja. Nakon toga, ispitanici su popunili anketni upitnik, za šta im je u proseku bilo potrebno oko 20 minuta. Učesnici nisu dobili dodatne poene na predmetima niti bilo kakve materijalne nagrade.

Nastavnici matematike iz prakse uključeni su u istraživanje tokom realizacije republičkog takmičenja iz matematike za učenike osnovnih škola, što je omogućilo pristup geografski raznovrsnom uzorku nastavnika sa iskustvom u nastavnoj praksi.

2.4. Procedura

2.4.1 Promenljive istraživanja

U skladu sa postavljenim istraživačkim modelom, u studiji su razmatrane sledeće nezavisne i zavisne promenljive.

Nezavisne promenljive

TPCK – percipirano tehnološko-pedagoško znanje sadržaja matematike (*Technological Pedagogical Content Knowledge*), koje se odnosi na uverenja nastavnika o sopstvenoj sposobnosti da na smislen i pedagoški adekvatan način integrišu tehnologiju u nastavu matematike.

TC – tehnološka kompleksnost (*Technological Complexity*), koja se odnosi na stepen u kome se upotreba računara u nastavi matematike percipira kao teška za razumevanje i korišćenje.

FC – olakšavajući uslovi (*Facilitating Conditions*), koji obuhvataju percepciju dostupnosti tehničkih, organizacionih i institucionalnih resursa neophodnih za upotrebu računara u nastavi matematike.

SN – subjektivna norma (*Subjective Norm*), koja predstavlja stepen u kome pojedinac opaža da njemu značajne osobe (npr. kolege, rukovodioci, nastavnici na fakultetu) smatraju da bi trebalo da koristi računar u nastavi matematike.

Zavisne promenljive

PU – doživljaj korisnosti (*Perceived Usefulness*), koji predstavlja stepen u kome pojedinac veruje da će upotreba računara unaprediti efikasnost i kvalitet nastave matematike.

PEU – doživljaj lakoće korišćenja (*Perceived Ease of Use*), koji se odnosi na percepciju jednostavnosti i lakoće rukovanja računarom u nastavi matematike.

ATCU – stavovi prema korišćenju računara (*Attitudes Toward Computer Use*), koji odražavaju opštu pozitivnu ili negativnu orijentaciju nastavnika prema upotrebi računara u nastavi matematike.

BIT – namera korišćenja računara na nižem (tradicionalnom) nivou, koji podrazumeva nastavnički usmerenu upotrebu tehnologije kao podršku tradicionalnoj nastavnoj praksi.

BIC – namera korišćenja računara na višem (inovativnom, učenički usmerenom) nivou, koji podrazumeva konstruktivistički orijentisanu upotrebu tehnologije radi unapređenja aktivnog i smislenog učenja matematike.

2.4.2 Instrumenti

Instrument korišćen u ovom istraživanju osmišljen je radi ispitivanja prediktora namere korišćenja računara u nastavi matematike na nižem (tradicionalnom) i višem (inovativnom, učenički usmerenom) nivou, kod budućih učitelja, budućih

nastavnika matematike i nastavnika matematike iz prakse. Za potrebe studije konstruisan je kombinovani anketni upitnik koji se sastojao od demografskog dela i skupa skala za merenje latentnih konstrukata definisanih istraživačkim modelom. Većina stavki preuzeta je iz relevantnih, publikovanih instrumenata i prilagođena kontekstu nastave matematike, dok su pojedine skale adaptirane na osnovu ranijih istraživanja autora. Sve stavke su prevedene i jezički prilagođene srpskom kontekstu.

Ukupno je korišćen 31 indikator, raspoređen u okviru sledećih konstrukata: doživljaj korisnosti (PU; 4 stavke), doživljaj lakoće korišćenja (PEU; 4 stavke), stavovi prema upotrebi računara (ATCU; 4 stavke), subjektivna norma (SN; 3 stavke), tehnološka kompleksnost (TC; 4 stavke), olakšavajući uslovi (FC; 3 stavke), percipirano tehnološko-pedagoško znanje sadržaja matematike (TPCK; 7 stavki), kao i namera korišćenja računara na nižem i višem nivou primene (BIT i BIC; ukupno 4 stavke). Detaljan prikaz svih konstrukata, stavki i njihovih izvora dat je u Prilogu 2.

Namera korišćenja računara operacionalizovana je kroz dva nivoa: tradicionalni (BIT) i inovativni, učenčki usmeren (BIC). Svaki nivo meren je sa po dve stavke, formulisane u skladu sa specifičnim oblicima primene računara u nastavi matematike. Sve stavke u upitniku merene su na petostepenoj Likertovoj skali (1 – *uopšte se ne slažem* do 5 – *u potpunosti se slažem*), osim TPCK skale, kod koje su ispitanici procenjivali sopstveni nivo znanja na skali od 1 – *ne u potpunosti* do 5 – *u potpunosti*.

Konstrukti TAM modela (PU, PEU i ATCU) mereni su stavkama adaptiranim iz klasičnih i savremenih istraživanja (Davis et al., 1989; Taylor & Todd, 1995; Thompson et al., 1991; Teo, 2009b), čija je pouzdanost i validnost potvrđena u brojnim studijama u obrazovnom kontekstu (Teo, 2012, 2014; Teo & Noyes, 2014; Teo & Van Schaik, 2009; Wong et al., 2013). Percipirano tehnološko-pedagoško znanje sadržaja matematike (TPCK) mereno je skalom adaptiranom na osnovu relevantnih istraživanja (Teo et al., 2017; Milutinović & Mandić, 2022). Konstrukti tehnološke kompleksnosti (TC), subjektivne norme (SN) i olakšavajućih uslova (FC) preuzeti su iz postojećih instrumenata i prilagođeni kontekstu nastave matematike.

Pouzdanost i validnost instrumenta

Psihometrijske karakteristike instrumenta ispitane su primenom istraživačke faktorske analize (engl. *Exploratory Factor Analysis* – EFA) u programu SPSS 23.0 i potvrdne faktorske analize (engl. *Confirmatory Factor Analysis* – CFA) u programu AMOS 23.0. Konvergentna i diskriminantna validnost procenjene su u skladu sa preporukama Fornela i Larkera (Fornell & Larcker, 1981), kao i novijim smernicama (Hair et al., 2010). Kriterijumi koji su korišćeni uključuju: faktorska opterećenja $\geq 0,50$, kompozitnu pouzdanost $\geq 0,70$, prosečnu izdvojenu varijansu (AVE) $\geq 0,50$.

Kronbahov α korišćen je kao dodatna mera interne konzistentnosti, pri čemu su vrednosti $\geq 0,70$ smatrane prihvatljivim (De Vellis, 2003; Schumacker & Lomax, 2010).

2.4.3 Prevod upitnika

Validacija prevoda većine stavki u upitniku sprovedena je primenom postupka prevoda i kontraprevoda. Originalne stavke su najpre prevedene sa engleskog na srpski jezik od strane autora. Potom je srpska verzija upitnika prevedena nazad na engleski jezik od strane profesionalnog prevodioca radi unakrsne provere.

Nakon toga, nastavnik engleskog jezika na univerzitetskom nivou uporedio je originalnu i povratnu verziju upitnika i predložio manje jezičke korekcije srpske verzije, kako bi se očuvalo izvorno značenje svake stavke. Izmene su se odnosile uglavnom na izbor sinonima i stilsku prilagođenost, bez uticaja na strukturu ili semantički sadržaj stavki.

2.4.4 Različiti načini primene računara u nastavi matematike

U okviru ove studije analizirani su različiti načini integracije informaciono-komunikacionih tehnologija (IKT) u nastavu matematike, koji se razlikuju u pogledu pedagoškog pristupa, uloge nastavnika i učenika, kao i obrazovnih ciljeva koje podržavaju. Polazeći od postojećih teorijskih klasifikacija i empirijskih istraživanja, ovi načini primene grupisani su u niži (tradicionalni) i viši (inovativni, učenički usmeren) nivo upotrebe računara.

Tradicionalni (niži) nivo primene računara u nastavi matematike

Tradicionalni nivo primene računara odnosi se na upotrebu IKT kao podrške nastavi usmerenoj na nastavnika, pri čemu se osnovna struktura nastavnog procesa ne menja značajno. Računar se koristi kao sredstvo za efikasniju prezentaciju sadržaja, ponavljanje gradiva ili proveru znanja, bez suštinskih promena u ulogama učenika i nastavnika.

Korišćenje unapred pripremljenih prezentacija

Jedan od najčešćih oblika tradicionalne upotrebe računara jeste korišćenje već postojećih prezentacija, najčešće preuzetih sa interneta. Ovakve prezentacije omogućavaju brzo i jednostavno predstavljanje nastavnog sadržaja, ali često nisu u potpunosti metodički prilagođene konkretnom nastavnom kontekstu, uzrastu učenika ili jezičkim specifičnostima. Pored toga, mogućnosti izmene sadržaja su ograničene, što nastavniku ostavlja malu fleksibilnost u prilagođavanju gradiva potrebama učenika.

Korišćenje gotovih modela i simulacija

Drugi tip tradicionalne upotrebe odnosi se na primenu gotovih modela i simulacija, najčešće kreiranih u dinamičkim matematičkim softverima kao što je

GeoGebra. Nastavnik ili učenici koriste model za posmatranje matematičkih odnosa i eksperimentisanje putem promene parametara. Iako ovakav pristup može doprineti vizuelizaciji apstraktnih pojmova, on je i dalje u velikoj meri usmeren na reprodukciju već pripremljenih sadržaja, bez aktivnog učešća učenika u kreiranju matematičkih objekata. Dodatna ograničenja mogu predstavljati potreba za internet konekcijom, kao i nemogućnost prevođenja ili prilagođavanja gotovih modela.

Inovativni (viši) nivo primene računara u nastavi matematike

Inovativni nivo primene računara podrazumeva upotrebu IKT kao sredstva za transformaciju nastavnog procesa, u skladu sa konstruktivističkim i učenički usmerenim pristupom nastavi. U ovom slučaju, tehnologija omogućava aktivnosti koje bez nje ne bi bile moguće, kao što su saradničko učenje, projektni rad i povezivanje matematike sa realnim problemima.

Razmena informacija u onlajn saradničkom okruženju

Jedan od oblika inovativne upotrebe računara jeste organizovanje nastave i komunikacije putem onlajn-okruženja, kao što su veb-platforme ili slični sistemi za upravljanje učenjem. Nastavnik u ovom slučaju kreira i uređuje digitalni prostor u kome učenici mogu pristupati nastavnim materijalima, domaćim zadacima, rezultatima provera znanja, kao i ostavljati komentare, razmenjivati materijale i postavljati sopstvene radove. Iako ovakav pristup zahteva dodatno angažovanje nastavnika i osnovnu obuku učenika, on značajno unapređuje komunikaciju, transparentnost nastavnog procesa i kontinuitet učenja.

Razvoj grupnih projekata u onlajn-okruženju

Najviši nivo primene računara u nastavi matematike odnosi se na saradnički rad učenika na razvoju zajedničkih projekata u digitalnom okruženju. Korišćenjem veb-alata, učenici zajednički kreiraju multimedijalne sadržaje koji objedinjuju tekst, grafike, video-materijale i interaktivne elemente. Ovakav pristup podstiče timski rad, razvoj digitalnih kompetencija i povezivanje matematičkih pojmova sa realnim situacijama, čime se značajno menja uloga učenika – od pasivnog primaoca znanja ka aktivnom konstruktoru sopstvenog učenja.

Povezanost sa istraživačkim modelom

Opisani načini primene računara predstavljaju osnovu za operacionalizaciju niže (BIT) i više (BIC) namere korišćenja računara u nastavi matematike u ovom istraživanju. Tradicionalni oblici upotrebe povezani su sa nastavnički usmerenim pristupom i nižim nivoom integracije tehnologije, dok inovativni oblici odražavaju učenički usmeren, konstruktivistički orijentisan pristup, koji podrazumeva aktivnu ulogu učenika i transformaciju nastavne prakse.

2.5 Organizacija istraživanja i statistička obrada podataka

2.5.1 Dizajn istraživanja

Istraživanje je koncipirano kao kvantitativna, korelaciona studija, zasnovana na proširenom modelu prihvatanja tehnologije, prikazanom na Slici 1.1. U studiji je primenjen model puteva sa devet latentnih promenljivih, i to:

- namera korišćenja računara na nižem (tradicionalnom) nivou (BIT),
- namera korišćenja računara na višem (inovativnom, učenički usmerenom) nivou (BIC),
- doživljaj korisnosti (PU),
- doživljaj lakoće korišćenja (PEU),
- stavovi prema upotrebi računara (ATCU),
- percipirano tehnološko-pedagoško znanje sadržaja matematike (TPCK),
- subjektivna norma (SN),
- tehnološka kompleksnost (TC),
- olakšavajući uslovi (FC).

Model je korišćen sa ciljem da se istraže direktni i indirektni odnosi između navedenih prediktora i namere korišćenja računara u nastavi matematike, pri čemu je posebna pažnja posvećena razlikovanju niskog (tradicionalnog) i visokog (inovativnog) nivoa namere upotrebe.

Pored analize ukupnog uzorka, u istraživanju je sprovedeno i poređenje tri grupe ispitanika: budućih učitelja, budućih nastavnika matematike i nastavnika matematike iz prakse.

Na ovaj način omogućeno je ispitivanje da li se struktura odnosa između prediktora i namere korišćenja računara razlikuje u zavisnosti od profesionalnog statusa i iskustva ispitanika. Za istovremeno ispitivanje više zavisnih i nezavisnih promenljivih, kao i direktnih i indirektnih efekata, primenjena je analiza puteva u okviru modelovanja strukturalnim jednačinama (Stage et al., 2004).

2.5.2 Analiza podataka

Podaci su analizirani primenom modelovanja strukturalnim jednačinama (engl. *Structural Equation Modeling* – SEM), što je u skladu sa načinom na koji su hipoteze teorijski postavljene i statistički formulisane (Hoyle, 2011). SEM je izabran kao adekvatna analitička tehnika jer omogućava istovremeno ispitivanje odnosa između latentnih konstrukata i njihovih indikatora, kao i procenu slučajnih grešaka merenja, što nije moguće primenom tradicionalnih statističkih metoda kao što su višestruka regresija ili MANOVA.

Analiza je obuhvatila proveru normalnosti distribucije podataka i testiranje istraživačkog modela koji opisuje odnose između devet latentnih promenljivih. U modelu su procenjeni svi slobodni parametri, a njihova statistička značajnost je testirana.

U skladu sa standardnim SEM pristupom (Schumacker & Lomax, 2010), analiza je sprovedena u dva koraka:

1. Procena modela merenja (CFA) – u ovom koraku ispitivano je u kojoj meri posmatrani indikatori (stavke upitnika) adekvatno mere odgovarajuće latentne konstrukte;
2. Procena strukturnog modela – u drugom koraku analizirani su odnosi između egzogenih i endogenih latentnih promenljivih u skladu sa predloženim istraživačkim modelom (Slika 1.1).

Veličina uzorka ($n = 540$) procenjena je u skladu sa opšteprihvaćenim smernicama za primenu strukturnog modelovanja (SEM). Prema preporukama (Boomsma, 1985; Kline, 2016), uzorak od 200 i više ispitanika smatra se dovoljnim za primenu složenijih SEM modela, dok novije simulacione studije ukazuju da uzorci ove veličine obezbeđuju stabilne i pouzdane procene parametara, posebno u slučajevima kada su faktorska opterećenja zadovoljavajuća (Wolf et al., 2013). U ovom istraživanju veličina uzorka značajno prevazilazi minimalno preporučene vrednosti za primenu konfirmatorne faktorske analize (CFA) i SEM pristupa (Kline, 2016; Kyriazos, 2018).

Pored apsolutne veličine uzorka, adekvatnost je procenjena i u odnosu na broj parametara koji se procenjuju u modelu. U skladu sa preporukama (Hair et al., 2010; Kline, 2016), odnos između veličine uzorka i broja parametara ($N:q$) od približno 5:1 smatra se dovoljnim za dobijanje pouzdanih procena. U ovom istraživanju broj parametara iznosi 113, što daje odnos $N:q$ od približno 4.8:1, koji se može smatrati zadovoljavajućim u kontekstu složenijih modela. Stabilnost modela dodatno je potvrđena zadovoljavajućim vrednostima faktorskih opterećenja i indeksa prilagođenosti.

Adekvatnost veličine uzorka potvrđena je i Hoelter indeksom kritične veličine uzorka, koji iznosi 367 za nivo značajnosti 0,05 i 384 za nivo značajnosti 0,01, što je značajno iznad preporučene granične vrednosti od 200. Ovi rezultati ukazuju da su ispunjeni metodološki uslovi za primenu SEM analize, kako na nivou celokupnog uzorka, tako i za sprovođenje višegrupnih analiza.

Isti uzorak korišćen je za analizu oba nivoa namere korišćenja računara (niži i viši), dok su analize po tipovima nastavnika obuhvatile 309 budućih učitelja, 146 budućih nastavnika matematike i 85 nastavnika matematike iz prakse.

III

III REZULTATI ISTRAŽIVANJA

3.1 Osnovni nalazi

3.1.1 Deskriptivna statistika

Korišćenjem statističkog softvera SPSS izračunati su deskriptivni pokazatelji za sve konstrukte obuhvaćene istraživanjem, a rezultati su prikazani u Tabeli 3.1. Za ukupno devet latentnih konstrukata analizirane su srednje vrednosti, standardne devijacije, kao i pokazatelji asimetrije i spljoštenosti distribucije.

Srednje vrednosti svih konstrukata, sa izuzetkom tehnološke kompleksnosti (TC), bile su iznad teorijskog središta skale (3,00), što ukazuje na uglavnom pozitivne stavove i percepcije ispitanika u odnosu na konstrukte uključene u model. Najviše srednje vrednosti zabeležene su kod doživljaja korisnosti (PU) i stavova prema upotrebi računara (ATCU), dok je najniža srednja vrednost utvrđena za tehnološku kompleksnost (TC), što ukazuje na to da ispitanici u manjoj meri doživljavaju korišćenje računara kao vremenski zahtevno i složeno.

Standardne devijacije su se kretale u rasponu od 0,718 do 1,025, što ukazuje na umerenu varijabilnost odgovora i relativno homogene procene ispitanika. Analiza asimetrije i spljoštenosti pokazala je da su sve vrednosti unutar prihvatljivih granica normalnosti. Prema preporukama iz literature, distribucija se može smatrati približno normalnom ukoliko su vrednosti asimetrije u intervalu ± 3 , a spljoštenosti u intervalu ± 10 (Schumacker & Lomax, 2010; Kline, 2016), što je u potpunosti ispunjeno u ovom uzorku.

U istoj tabeli prikazani su i koeficijenti unutrašnje saglasnosti (Kronbahov α) za svaki konstrukt. Prema preporukama De Velisa (De Vellis, 2003), vrednosti Kronbahovog alfa koeficijenta od 0,70 i više ukazuju na zadovoljavajuću pouzdanost merne skale. Kao što je prikazano u Tabeli 3.1, svi konstrukti pokazuju adekvatan nivo pouzdanosti, sa vrednostima iznad 0,70, izuzev konstrukta olakšavajućih uslova (FC), čija vrednost iznosi 0,67. Imajući u vidu mali broj stavki i istraživački karakter konstrukta, ova vrednost se može smatrati prihvatljivom.

Tabela 3.1. Deskriptivna statistika, pokazatelji normalnosti i unutrašnja pouzdanost konstrukata (Kronbahov alfa) za kompletan uzorak

Konstrukat (promenljiva)	Srednja vrednost	Standardna devijacija	Asimetrija (engl. <i>Skewness</i>)	Spljoštenost (engl. <i>Kurtosis</i>)	Kronbahov alfa (engl. <i>Cronbach α</i>)
BIC	3,251	1,025	-0,371	-0,184	0,84
BIT	3,744	0,894	-0,659	0,195	0,73
ATCU	4,061	0,803	-0,912	1,096	0,88
SN	3,591	0,904	-0,528	0,277	0,78
PEU	3,921	0,744	-0,495	0,221	0,86
PU	4,286	0,718	-0,886	0,469	0,89
TPCK	3,717	0,768	-0,601	0,656	0,87
FC	3,137	1,016	-0,38	-0,433	0,67
TC	2,069	0,884	0,704	-0,067	0,84

BIT – namera korišćenja računara na nižem (tradicionalnom) nivou; BIC – namera korišćenja računara na višem (inovativnom, učenički usmerenom) nivou; PU – doživljaj korisnosti; PEU – doživljaj lakoće korišćenja; ATCU – stavovi prema upotrebi računara; TPCK – percipirano tehnološko-pedagoško znanje sadržaja matematike; TC – tehnološka kompleksnost; FC – olakšavajući uslovi; SN – subjektivna norma

Dodatno, u Tabeli 3.2 prikazane su srednje vrednosti i standardne devijacije konstrukata po grupama ispitanika: budući učitelji, budući nastavnici matematike i nastavnici matematike iz prakse. Ovi rezultati omogućavaju preliminarni uvid u razlike u percepcijama i stavovima između grupa, koje će biti detaljnije analizirane u narednim analitičkim koracima.

Uočljivo je da budući učitelji i budući nastavnici matematike u većini konstrukata postižu nešto više srednje vrednosti u odnosu na nastavnike iz prakse, naročito u domenima doživljaja korisnosti (PU), stavova (ATCU) i tehnološko-pedagoškog znanja (TPCK). Nasuprot tome, nastavnici iz prakse iskazuju više srednje vrednosti na konstruktu tehnološke kompleksnosti (TC), što može ukazivati na percipirane izazove u integraciji IKT-a u nastavnu praksu.

Tabela 3.2. Deskriptivna statistika po grupama ispitanika

Konstrukt (promenljiva)	Budući učitelji M (SD)	Budući nastavnici matematike M (SD)	Nastavnici matematike iz prakse M (SD)
BIC	3,327 (1,023)	3,253 (1,002)	2,971 (1,036)
BIT	3,806 (0,880)	3,709 (0,867)	3,577 (0,977)
ATCU	4,192 (0,730)	3,846 (0,930)	3,956 (0,733)
SN	3,632 (0,877)	3,589 (0,902)	3,447 (0,997)
PEU	3,921 (0,730)	3,938 (0,780)	3,894 (0,737)
PU	4,441 (0,631)	4,161 (0,773)	3,935 (0,759)
TPCK	3,752 (0,731)	3,826 (0,711)	3,402 (0,908)
FC	3,172 (1,026)	3,182 (0,998)	2,935 (0,999)
TC	1,995 (0,842)	2,017 (0,836)	2,429 (1,023)

M – srednja vrednost; SD – standardna devijacija

Korelaciona analiza između posmatranih konstrukata sprovedena je u programu SPSS, primenom Pirsonovog koeficijenta korelacije (engl. *Pearson correlation coefficient*). Korelacije između izmerenih promenljivih prikazane su u Tabeli 3.3.

Dobijeni koeficijenti korelacije u većini slučajeva ukazuju na pozitivne i statistički značajne odnose između devet ispitivanih konstrukata. Jačina korelacija kretala se od slabe do umerene, što je u skladu sa teorijskim očekivanjima i ukazuje da, iako su konstrukti povezani, ne postoji problem izrazite multikolinearnosti.

Posebno su uočljive umerene pozitivne korelacije između stavova prema upotrebi računara (ATCU) i doživljaja lakoće korišćenja (PEU), kao i između stavova (ATCU) i doživljaja korisnosti (PU), što ukazuje da pozitivni stavovi prate percepciju da je tehnologija i laka i korisna za upotrebu u nastavi. Takođe, značajne pozitivne korelacije utvrđene su između tehnološko-pedagoškog znanja sadržaja matematike (TPCK) i većine ostalih konstrukata, što potvrđuje njegovu centralnu ulogu u modelu.

Suprotno tome, tehnološka kompleksnost (TC) ispoljila je negativne i statistički značajne korelacije sa većinom konstrukata, što ukazuje da veći stepen percipirane složenosti tehnologije deluje kao inhibitorni faktor, povezan sa nižim nivoima pozitivnih stavova, percipirane korisnosti i lakoće korišćenja.

Ukupno posmatrano, dobijeni rezultati korelacione analize pružaju podršku teorijskom modelu i opravdavaju dalje sprovođenje složenijih analiza, kao što su konfirmatorna faktorska analiza i strukturno modeliranje.

Tabela 3.3. Korelacije između konstrukata

	BIC	BIT	ATCU	SN	PEU	PU	TPCK	FC
BIT	0,326**							
ATCU	0,211**	0,221**						
SN	0,156**	0,073	0,254**					
PEU	0,121**	0,189**	0,559**	0,116**				
PU	0,234**	0,204**	0,598**	0,349**	0,367**			
TPCK	0,322**	0,363**	0,221**	0,195**	0,168**	0,313**		
FC	0,086*	0,120**	0,213**	0,254**	0,160**	0,242**	0,174**	
TC	-0,121**	-0,119**	-0,462**	-0,028	-0,567**	-0,355**	-0,117**	-0,086*

** korelacija je značajna na nivou 0,01 (dvostrani test)

* korelacija je značajna na nivou 0,05 (dvostrani test)

Analizom korelacija između konstrukata — namere korišćenja računara na višem nivou (BIC), namere korišćenja računara na nižem nivou (BIT), stavova prema upotrebi računara (ATCU), subjektivne norme (SN), doživljaja lakoće korišćenja (PEU), doživljaja korisnosti (PU), percipiranog tehnološko-pedagoškog znanja sadržaja matematike (TPCK), olakšavajućih uslova (FC) i tehnološke kompleksnosti (TC) — utvrđeno je da nijedna korelacija ne prelazi vrednost 0,80. Ovakvi rezultati ukazuju na odsustvo ozbiljne multikolinearnosti i opravdavaju dalje sprovođenje konfirmatorne faktorske analize (CFA) i strukturnog modelovanja (SEM). Dodatno, dobijeni obrasci korelacija pokazuju da su ispitivani konstrukti međusobno povezani, ali konceptualno jasno diferencirani.

3.2 Valjanost modela

3.2.1 Evaluacija modela merenja (potvrđna faktorska analiza)

Model merenja je procenjen pomoću potvrđne faktorske analize (CFA) sprovedene u programu AMOS 23.0, korišćenjem procedure maksimalne verodostojnosti (engl. *Maximum Likelihood Estimation* – MLE). MLE je široko korišćena metoda u SEM analizama i pokazuje relativnu robusnost u odnosu na umerena odstupanja od normalnosti, posebno kod velikih uzoraka (Schumacker & Lomax, 2010; Kline, 2016).

S obzirom na to da metoda maksimalne verodostojnosti (MLE) podrazumeva pretpostavku multivarijantne normalnosti podataka, ova pretpostavka je ispitana primenom Mardijinog koeficijenta multivarijantne spljoštenosti (Mardia, 1970). Dobijena vrednost koeficijenta iznosila je 245.326. U cilju procene potencijalnog odstupanja od multivarijantne normalnosti primenjen je orijentacioni kriterijum $p(p + 2)$, gde p predstavlja broj posmatranih promenljivih u modelu ($p = 31$), što

daje graničnu vrednost 1023 (Raykov & Marcoulides, 2008). S obzirom na to da je dobijena vrednost Mardijinog koeficijenta znatno niža od navedene granične vrednosti, može se zaključiti da ne postoji značajno odstupanje od multivarijatne normalnosti.

Kvalitet modela je zatim procenjivan na osnovu više indeksa prilagođenosti, a dodatno je primenjen *Bollen–Stine bootstrap* postupak radi korekcije uticaja ne-normalnosti na χ^2 statistiku (Kline, 2016; Byrne, 2016).

Opšte prilagođavanje modela podacima procenjeno je primenom χ^2 testa. Međutim, s obzirom na to da je χ^2 statistika izrazito osetljiva na veličinu uzorka, dodatno je izračunat i količnik hi-kvadrata i stepeni slobode (χ^2/df), pri čemu vrednosti manje od 3,0 ukazuju na prihvatljivo prilagođavanje hipotetičkog modela podacima uzorka (Wheaton et al., 1977).

Pored toga, u proceni kvaliteta modela konsultovani su i drugi indeksi prilagođenosti, uključujući Taker–Luisov indeks (engl. *Tucker–Lewis Index* – TLI), indeks komparativnog prilagođavanja (engl. *Comparative Fit Index* – CFI), kvadratni koren prosečne kvadrirane greške aproksimacije (engl. *Root Mean Square Error of Approximation* – RMSEA) i standardizovani kvadratni koren prosečnog kvadrata reziduala (engl. *Standardized Root Mean Square Residual* – SRMR).

Prema preporukama Hua i Bentlera (Hu & Bentler, 1999), vrednosti TLI i CFI veće od 0,90 ukazuju na dobro prilagođen model, dok za indekse RMSEA i SRMR vrednosti do 0,06, odnosno 0,08 predstavljaju gornje granice prihvatljivog prilagođavanja (Steiger, 2007). Rezultati CFA pokazuju da model u ovoj studiji ima dobro prilagođavanje podacima ($\chi^2 = 680,833$; $\chi^2/\text{df} = 1,641$; TLI = 0,963; CFI = 0,969; RMSEA = 0,034; SRMR = 0,041).

Pouzdanost stavki koje mere pojedinačne promenljive u istraživačkom modelu (Slika 1.1) procenjena je pomoću kompozitne pouzdanosti (engl. *Composite Reliability* – CR). U okviru procene konvergentne validnosti, analizirani su smer, magnituda i statistička značajnost parametarskih procena, odnosno *t*-vrednosti za svaku stavku (Schumacker & Lomax, 2010). Smatra se da stavka adekvatno meri pripadajući konstrukt ukoliko je njeno standardizovano faktorsko opterećenje veće od 0,50 (Hair et al., 2010).

Kao konzervativniji pokazatelj konvergentne validnosti, izračunata je prosečna izdvojena varijansa (engl. *Average Variance Extracted* – AVE) za svaki konstrukt, koja predstavlja odnos varijanse obuhvaćene konstruktom i varijanse koja se može pripisati grešci merenja. Vrednosti CR i AVE smatraju se adekvatnim kada su jednake ili veće od 0,50, što ukazuje da konstrukt obuhvata veću količinu varijanse nego što se gubi usled greške merenja (Fornell & Larcker, 1981).

Pre sprovođenja potvrdne faktorske analize (CFA), inicijalna struktura instrumenta je ispitana primenom istraživačke faktorske analize (EFA), pri čemu su dobijeni rezultati ukazali na očekivanu faktorsku strukturu u skladu sa teorijskim modelom. S obzirom na postojeću teorijsku utemeljenost konstrukata, u nastavku

je primenjena potvrдна faktorska analiza kao primarni pristup proceni modela merenja.

Rezultati potvrđne faktorske analize (CFA) prikazani su u Tabeli 3.4. Dobijeni nalazi pokazuju da su sva standardizovana faktorska opterećenja statistički značajna i da prevazilaze preporučenu graničnu vrednost od 0,50, pri čemu se kreću u rasponu od 0,51 do 0,90 (Hair et al., 2010). Sve *t*-vrednosti bile su veće od 1,96, što ukazuje na statističku značajnost parametarskih procena na nivou $p < 0,05$ i potvrđuje adekvatnost veza između indikatora i pripadajućih latentnih konstrukata.

Pouzdanost i konvergentna validnost konstrukata dodatno su procenjene izračunavanjem kompozitne pouzdanosti (CR) i prosečne izdvojene varijanse (AVE). Kompozitna pouzdanost je za sve konstrukte iznosila 0,67 ili više, čime je u većini slučajeva premašena preporučena granična vrednost od 0,70, dok se vrednosti AVE kreću oko ili iznad preporučenog praga od 0,50 (Fornell & Larcker, 1981). Imajući u vidu složenost pojedinih konstrukata i broj indikatora, nešto niže AVE vrednosti kod pojedinih promenljivih mogu se smatrati prihvatljivim ukoliko je kompozitna pouzdanost visoka.

Kompozitna pouzdanost (CR) i prosečna izdvojena varijansa (AVE) izračunate su prema sledećim formulama: $CR = (\Sigma\lambda)^2 / ((\Sigma\lambda)^2 + \Sigma(1 - \lambda^2))$; $AVE = \Sigma\lambda^2 / (\Sigma\lambda^2 + \Sigma(1 - \lambda^2))$, gde λ predstavlja standardizovano faktorsko opterećenje pojedinačne stavke.

Na osnovu rezultata prikazanih u Tabeli 3.4 može se zaključiti da sve stavke predstavljaju pouzdane i validne indikatore pripadajućih latentnih konstrukata, kao i da model merenja pokazuje zadovoljavajuću konvergentnu validnost i unutrašnju konzistentnost u kontekstu različitih nivoa upotrebe računara u nastavi matematike.

Tabela 3.4. Rezultati potvrđne faktorske analize (CFA) – model merenja: faktorska opterećenja, kompozitna pouzdanost i konvergentna validnost

Konstrukt	Indikator	UE	<i>t</i> -vrednost	λ	CR	AVE
ATCU	ATCU1	0,735	17,367	0,711	0,876	0,639
	ATCU2	0,876	20,556	0,806		
	ATCU3	1	22,166	0,855		
	ATCU4	1	—	0,819		
BIT	BI1	1	—	0,712	0,729	0,574
	BI2	1,082	10,165	0,801		
BIC	BI3	1,127	11,854	0,898	0,844	0,731
	BI4	1	—	0,81		
Olakšavajući uslovi (FC)	FC1	1,111	6,7	0,752	0,669	0,504
	FC2	1	—	0,665		

Doživljaj lakoće korišćenja (PEU)	PEU1	1,012	14,537	0,766	0,860	0,607
	PEU2	1,203	14,308	0,807		
	PEU3	1,253	18,21	0,846		
	PEU4	1	—	0,688		
Doživljaj korisnosti (PU)	PU1	0,836	23,3	0,79	0,901	0,696
	PU2	0,995	28,909	0,924		
	PU3	1	—	0,876		
	PU4	0,743	19,262	0,733		
Subjektivna norma (SN)	SN1	1,162	13,479	0,812	0,782	0,574
	SN2	0,973	13,242	0,735		
	SN3	1	—	0,664		
Tehnološka kompleksnost (TC)	TC1	1	—	0,706	0,853	0,592
	TC2	0,869	15,649	0,781		
	TC3	1,088	15,665	0,782		
	TC4	1,072	14,886	0,806		
TPCK	TPCK1	0,724	12,021	0,53	0,864	0,484
	TPCK2	0,656	11,767	0,517		
	TPCK3	0,722	12,99	0,56		
	TPCK4	1,011	17,341	0,8		
	TPCK5	0,978	19,576	0,813		
	TPCK6	0,899	17,689	0,734		
	TPCK7	1	—	0,83		

UE – nestandardizovana procena; λ – standardizovano faktorsko opterećenje; CR – kompozitna pouzdanost (*Composite Reliability*); AVE – prosečna izdvojena varijansa (*Average Variance Extracted*). Sve *t*-vrednosti su statistički značajne na nivou $p < 0,05$. Vrednosti označene sa „—” fiksirane su na 1,00 radi identifikacije modela.

Diskriminantna validnost modela procenjena je primenom Fornel–Larkero-vog kriterijuma, uz dodatnu analizu odnosa između prosečne izdvojene varijanse (AVE), maksimalne zajedničke varijanse (MSV) i prosečne zajedničke varijanse (ASV).

Rezultati prikazani u Tabeli 3.5 pokazuju da je za sve konstrukte vrednost AVE veća od vrednosti MSV i ASV, što ukazuje na zadovoljavajuću diskriminantnu validnost. Takođe, kvadratni koren AVE za svaki konstrukt veći je od njegovih korelacija sa ostalim konstruktima u modelu, što je u skladu sa preporukama Fornela i Larkera (Fornell & Larcker, 1981).

Iako je za konstrukt tehnološko-pedagoškog znanja sadržaja matematike (TPCK) vrednost AVE nešto niža od preporučene granične vrednosti od 0,50,

visoka kompozitna pouzdanost ($CR = 0,864$), kao i činjenica da je AVE veća od MSV i ASV, ukazuju da su i konvergentna i diskriminantna validnost ovog konstrukta zadovoljavajuće, u skladu sa preporukama Hera i saradnika (Hair et al., 2010).

Na osnovu navedenih pokazatelja može se zaključiti da su konstrukti u istraživačkom modelu međusobno jasno diferencirani i da model merenja pokazuje adekvatnu diskriminantnu validnost.

Tabela 3.5. Diskriminantna validnost konstrukata prema Fornel–Larkerovom kriterijumu

	MSV	ASV	PU	PEU	ATCU	TC	BIT	TPCKP	SN	BIC	FC
PU	0,397	0,148	0,834								
PEU	0,438	0,146	0,393	0,779							
ATCU	0,412	0,182	0,630	0,642	0,800						
TC	0,438	0,115	-0,372	-0,662	-0,531	0,770					
BIT	0,217	0,079	0,242	0,218	0,281	-0,140	0,758				
TPCKP	0,217	0,077	0,320	0,173	0,230	-0,106	0,466	0,696			
SN	0,160	0,059	0,400	0,133	0,282	-0,029	0,096	0,225	0,739		
BIC	0,166	0,062	0,278	0,129	0,257	-0,136	0,408	0,327	0,193	0,855	
FC	0,120	0,056	0,307	0,222	0,290	-0,109	0,192	0,203	0,346	0,097	0,710

Dijagonalne vrednosti predstavljaju kvadratni koren prosečne izdvojene varijanse (AVE), preuzete iz Tabele 3.4, dok vrednosti ispod dijagonale predstavljaju Pirsonove koeficijente korelacije. MSV – maksimalna zajednička varijansa (*Maximum Shared Variance*); ASV – prosečna zajednička varijansa (*Average Shared Variance*).

3.2.2 Provera strukturalnog modela

Nakon što je potvrđeno dobro prilagođavanje modela merenja primenom potvrđne faktorske analize (CFA), pristupilo se testiranju prilagođenosti strukturalnog modela prikazanog na Slici 1.1. Procena strukturalnog modela izvršena je primenom metode maksimalne verodostojnosti (ML), uz uključivanje *Bollen–Stine bootstrap* postupka sa 2000 ponovljenih uzoraka, radi korekcije χ^2 statistike u uslovima umerenog odstupanja od multivarijatne normalnosti.

Rezultati ukazuju da strukturalni model pokazuje dobro prilagođavanje podacima ($\chi^2 = 751,434$; $\chi^2/df = 1,743$; TLI = 0,957; CFI = 0,963; RMSEA = 0,037; SRMR = 0,061). Dobijene vrednosti indeksa prilagođenosti zadovoljavaju preporučene kriterijume iz relevantne metodološke literature (Hu & Bentler, 1999; Kline, 2016; Schumacker & Lomax, 2010).

U proceni prilagođenosti modela korišćen je skup apsolutnih i inkrementalnih indeksa fitovanja, što predstavlja uobičajenu i preporučenu praksu u strukturnom modeliranju (McDonald & Ho, 2002; Klem, 2000). Pored χ^2 testa, koji je poznat po

osetljivosti na veličinu uzorka, izračunat je i odnos χ^2 i stepeni slobode (χ^2/df), pri čemu vrednosti manje od 3,0 ukazuju na prihvatljivo prilagođavanje modela.

Prateći preporuke Hua i Bentlera (Hu & Bentler, 1999), kvadratni koren prosečne kvadrirane greške aproksimacije (RMSEA) i standardizovani kvadratni koren prosečnog kvadrata reziduala (SRMR) korišćeni su kao pokazatelji apsolutnog fitovanja, dok su indeks komparativnog fitovanja (CFI) i Taker–Luisov indeks (TLI) korišćeni kao indeksi inkrementalnog fitovanja. Vrednosti CFI i TLI veće od 0,95, kao i vrednosti RMSEA i SRMR manje od 0,05 i 0,08, ukazuju na dobro prilagođen model (Hair et al., 2010).

Na osnovu svih navedenih pokazatelja može se zaključiti da predloženi strukturalni model pokazuje dobro prilagođavanje empirijskim podacima i da je adekvatan za dalje testiranje postavljenih hipoteza.

3.2.3 Testiranje hipoteza i analiza strukturnih putanja

Nakon što je model merenja pokazao dobro prilagođavanje podacima i zadovoljavajuće psihometrijske karakteristike, pristupljeno je testiranju strukturnog modela u cilju provere postavljenih hipoteza i ispitivanja odnosa između latentnih konstrukata. Strukturni model je procenjen primenom modelovanja strukturalnim jednačinama, korišćenjem metode maksimalne verodostojnosti, uz dodatnu primenu *Bollen–Stine bootstrap* postupka radi korekcije potencijalnih odstupanja od multivarijatne normalnosti.

Rezultati pokazuju da strukturni model ima dobro prilagođavanje podacima, a procenjene strukturne putanje omogućavaju testiranje većine teorijski postavljenih hipoteza. U Tabeli 3.6 i na Slici 3.1 prikazane su standardizovane vrednosti koeficijenata putanja (β), nivoi statističke značajnosti i ishod testiranja hipoteza.

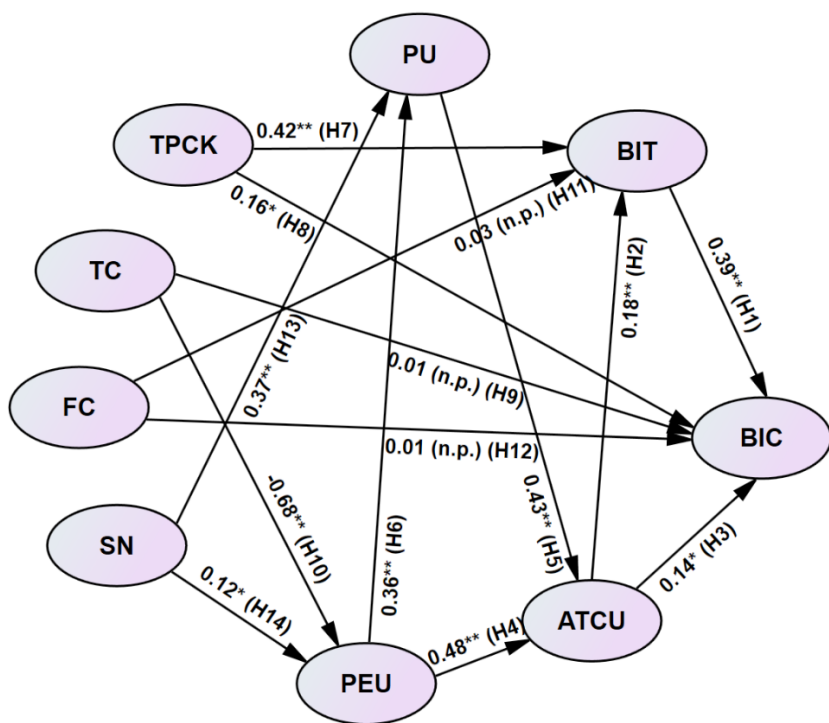
Tabela 3.6 Rezultati testiranja hipoteza u strukturnom modelu (SEM, kompletan uzorak)

Hipoteza	Strukturna putanja	β (standardizovano)	p	Ishod
H1	BIT → BIC	0,295	< 0,001	Podržana
H2	ATCU → BIT	0,185	< 0,001	Podržana
H3	ATCU → BIC	0,145	0,009	Podržana
H4	PEU → ATCU	0,482	< 0,001	Podržana
H5	PU → ATCU	0,434	< 0,001	Podržana
H6	PEU → PU	0,358	< 0,001	Podržana
H7	TPCK → BIT	0,420	< 0,001	Podržana
H8	TPCK → BIC	0,161	0,004	Podržana
H9	TC → BIC	0,006	0,908	Nije podržana
H10	TC → PEU	-0,677	< 0,001	Podržana

Hipoteza	Strukturna putanja	β (standardizovano)	p	Ishod
H11	FC → BIT	0,031	0,593	Nije podržana
H12	FC → BIC	0,004	0,941	Nije podržana
H13	SN → PU	0,367	< 0,001	Podržana
H14	SN → PEU	0,122	0,004	Podržana

β – standardizovani koeficijent putanje; p – nivo statističke značajnost

Rezultati strukturnog modelovanja ukazuju na jasnu hijerarhiju u nameri korišćenja računara u nastavi matematike. Utvrđeno je da namera korišćenja računara na nižem, tradicionalnom nivou značajno utiče na nameru korišćenja na višem, inovativnom nivou, čime je potvrđena hipoteza H1 (Tabela 3.6). Ovaj nalaz ukazuje da tradicionalni oblici primene tehnologije mogu predstavljati osnovu za razvoj učenički usmerenih i konstruktivistički orijentisanih pristupa.



Slika 3.1. Standardizovani koeficijenti putanja za testirane hipoteze

Napomena. Slika prikazuje standardizovane vrednosti direktnih efekata različitih faktora, * p < 0,01, ** p < 0,001, (n. p.) – nije podržana.

Stavovi prema upotrebi računara pokazali su se kao značajan prediktor obe vrste namere korišćenja. Pozitivni stavovi značajno doprinose kako nameri korišćenja računara na nižem nivou (H2), tako i nameri korišćenja na višem nivou (H3), što potvrđuje centralnu ulogu stavova u modelima prihvatanja tehnologije u obrazovanju.

Dalje, rezultati ukazuju da doživljaj lakoće korišćenja i doživljaj korisnosti imaju značajan uticaj na formiranje stavova prema upotrebi računara, čime su potvrđene hipoteze H4 i H5. Takođe, utvrđeno je da doživljaj lakoće korišćenja značajno utiče na doživljaj korisnosti, što je u skladu sa pretpostavkama TAM modela i potvrđuje hipotezu H6.

Percipirano tehnološko-pedagoško znanje sadržaja matematike pokazalo je značajan uticaj na obe dimenzije namere korišćenja računara. Ovaj konstrukt značajno doprinosi i nameri korišćenja računara na nižem nivou (H7) i nameri korišćenja na višem nivou (H8), što ukazuje na njegovu ključnu ulogu u prelasku sa tradicionalnih na inovativne oblike primene tehnologije.

Suprotno očekivanjima, tehnološka kompleksnost nije pokazala direktan uticaj na nameru korišćenja računara na višem nivou, te hipoteza H9 nije potvrđena. Međutim, utvrđeno je da tehnološka kompleksnost značajno utiče na doživljaj lakoće korišćenja, čime je potvrđena hipoteza H10, što ukazuje na njen indirektan uticaj u okviru modela.

Olakšavajući uslovi nisu pokazali značajan direktan uticaj ni na nameru korišćenja računara na nižem nivou, ni na nameru korišćenja na višem nivou, te hipoteze H11 i H12 nisu potvrđene. Sa druge strane, subjektivna norma ima značajan uticaj i na doživljaj korisnosti i na doživljaj lakoće korišćenja računara, čime su potvrđene hipoteze H13 i H14.

Model objašnjava 48,0% varijanse doživljaja lakoće korišćenja (PEU), 30,2% varijanse doživljaja korisnosti (PU), 59,3% varijanse stavova prema upotrebi računara (ATCU), 23,6% varijanse namere korišćenja na nižem nivou (BIT) i 20,1% varijanse namere korišćenja na višem nivou (BIC). Ovi rezultati ukazuju na umereću do dobru objašnjavajuću moć predloženog strukturnog modela.

3.2.4 Indirektni i ukupni efekti u strukturnom modelu

Rezultati analize direktnih, indirektnih i ukupnih efekata prikazani su u Tabeli 3.7. Ovi nalazi pružaju dodatni uvid u složene relacije između konstrukata u istraživačkom modelu i ukazuju da namera korišćenja računara na nižem nivou (BIT) predstavlja značajan mehanizam posredovanja u prelasku ka inovativnim, učenički usmerenim oblicima primene tehnologije. BIT ostvaruje direktan i značajan uticaj na nameru korišćenja računara na višem nivou (BIC), čime se potvrđuje njena uloga kao tranzicione faze u prihvatanju naprednijih oblika integracije IKT-a u nastavi.

Tabela 3.7. Standardizovani direktni, indirektni i ukupni efekti u strukturnom modelu

Prediktor	Ishod	Direktni efekat (β)	Indirektni efekat (β)	Ukupni efekat (β)
ATCU	BIT	0,185	–	0,185
TPCK	BIT	0,420	–	0,420
FC	BIT	0,031	–	0,031
SN	BIT	–	0,044	0,044
PEU	BIT	–	0,118	0,118
PU	BIT	–	0,080	0,080
TC	BIT	–	–0,080	–0,080
BIT	BIC	0,295	–	0,295
ATCU	BIC	0,145	0,055	0,199
TPCK	BIC	0,161	0,124	0,285
FC	BIC	0,004	0,009	0,013
SN	BIC	–	0,047	0,047
PEU	BIC	–	0,127	0,127
PU	BIC	–	0,086	0,086
TC	BIC	0,006	–0,086	–0,080

Pored direktnih uticaja, uočljiv je i značajan broj indirektnih efekata. Stavovi prema upotrebi računara (ATCU) i percipirano tehnološko-pedagoško znanje sadržaja matematike (TPCK) ostvaruju dodatni uticaj na nameru korišćenja računara na višem nivou posredno, preko namere korišćenja na nižem nivou. Ovi nalazi ukazuju da pozitivni stavovi i viši nivo TPCK ne dovode isključivo do neposredne spremnosti za primenu tehnologije, već postepeno grade osnovu za složenije i inovativnije oblike nastavne prakse.

Takođe, subjektivna norma i doživljaj lakoće korišćenja ne deluju direktno na namere korišćenja tehnologije, već svoje efekte ostvaruju posredno, kroz doživljaj korisnosti i stavove prema upotrebi računara. Ovaj obrazac odnosa je u skladu sa pretpostavkama teorijskih modela prihvatanja tehnologije, prema kojima socijalni i perceptivni faktori deluju kroz kognitivne i afektivne mehanizme.

Suprotno tome, tehnološka kompleksnost pokazuje negativne indirektno efekte na namere korišćenja, što ukazuje da percipirana složenost tehnologije smanjuje doživljaj lakoće korišćenja i, posredno, utiče na manju spremnost nastavnika za primenu tehnologije u nastavi matematike.

Ukupno posmatrano, rezultati ukazuju da model ne funkcioniše isključivo kroz direktne linearne odnose, već da značajan deo uticaja između konstrukata prolazi kroz medijatorske mehanizme, što dodatno opravdava primenu strukturnog modeliranja u analizi prihvatanja tehnologije u nastavi matematike.

3.3 Merna invarijantnost modela između grupa ispitanika

3.3.1 Ispitivanje merne invarijantnosti između budućih učitelja, budućih nastavnika matematike i nastavnika iz prakse

U cilju provere da li je predloženi model merenja ekvivalentan za različite grupe ispitanika — buduće učitelje, buduće nastavnike matematike i nastavnike matematike iz prakse — sprovedena je analiza merne invarijantnosti primenom višegrupne potvrdne faktorske analize (engl. *multi-group CFA*). Ispitivanje merne invarijantnosti predstavlja neophodan preduslov za validno poređenje strukturnih odnosa između grupa u okviru strukturnog modeliranja.

Procedura je sprovedena hijerarhijski, testiranjem tri nivoa invarijantnosti: konfiguracione, metričke i skalarne invarijantnosti. Konfiguraciona invarijantnost (neograničeni model) ispituje da li je ista faktorska struktura prisutna u svim grupama. Metrička invarijantnost podrazumeva dodatna ograničenja na faktorska opterećenja, dok skalarna invarijantnost uključuje i ograničenja na intercepte indikatora.

S obzirom na poznatu osetljivost χ^2 testa na veličinu uzorka, procena invarijantnosti zasnovana je pre svega na promenama indeksa komparativnog prilagođavanja (ΔCFI) i indeksa RMSEA ($\Delta RMSEA$). Prema preporukama iz literature, vrednosti $\Delta CFI \leq 0,01$ i $\Delta RMSEA \leq 0,015$ ukazuju na prihvatljivu invarijantnost između grupa (Chen, 2007; Kline, 2016).

Tabela 3.8. Rezultati ispitivanja merne invarijantnosti modela (*multi-group CFA*)

Model invarijantnosti	CFI	RMSEA	χ^2	df	ΔCFI	$\Delta RMSEA$	$\Delta \chi^2$
Konfiguraciona invarijantnost	0,935	0,030	1833,183	1245	—	—	—
Metrička invarijantnost	0,926	0,031	1955,958	1291	-0,009	0,001	122,775
Skalarna invarijantnost	0,904	0,035	2203,122	1338	-0,022	0,004	247,164

CFI – indeks komparativnog prilagođavanja; RMSEA – kvadratni koren prosečne kvadrirane greške aproksimacije; ΔCFI i $\Delta RMSEA$ predstavljaju promene u odnosu na prethodni model

Rezultati prikazani u Tabeli 3.8 pokazuju da konfiguraciona invarijantnost modela može biti prihvaćena, što ukazuje da ista faktorska struktura važi u sve tri grupe ispitanika. Dalje, metrička invarijantnost je takođe zadovoljena, budući da je promena CFI u odnosu na konfiguracioni model manja od preporučene granične vrednosti ($\Delta CFI = -0,009$), a promena RMSEA zanemarljiva ($\Delta RMSEA = 0,001$). Ovi rezultati ukazuju da su faktorska opterećenja ekvivalentna između grupa, što omogućava poređenje strukturnih odnosa u modelu.

S druge strane, uslovi za skalarnu invarijantnost nisu u potpunosti ispunjeni, s obzirom na to da je pad vrednosti CFI veći od preporučenog praga ($\Delta CFI = -0,022$).

Međutim, u skladu sa savremenim metodološkim preporukama, postizanje skalarne invarijantnosti nije neophodan preduslov za poređenje strukturnih putanja, već pre svega za poređenje latentnih sredina (Byrne, 2016; Kline, 2016).

Imajući u vidu da je u ovoj studiji primarni cilj ispitivanje i poređenje strukturnih odnosa između konstrukata, a ne direktno poređenje latentnih srednjih vrednosti, postignuti nivo konfiguracione i metričke invarijantnosti smatra se dovoljnim za dalju primenu višegrupnog strukturnog modeliranja.

Veličine uzoraka u ispitivanim grupama bile su različite: budući učitelji ($n = 309$), budući nastavnici matematike ($n = 146$) i nastavnici matematike ($n = 85$). Različita veličina uzoraka nije predstavljala tehnički problem za sprovođenje analize multigrupnog strukturnog modela (engl. *multi-group SEM*) jer su kriterijumi za procenu invarijantnosti, kao što su ΔCFI i $\Delta RMSEA$, relativno robusni u odnosu na veličinu grupe. Međutim, manja grupa (nastavnici matematike) ima veće standardne greške za procene regresione težine i latentnih srednjih vrednosti, što ukazuje na potrebu za oprezom pri interpretaciji rezultata u ovoj grupi. U svakom slučaju, različite veličine uzoraka su uzete u obzir prilikom izvlačenja zaključaka.

3.3.2 Višegrupna SEM analiza (neograničeni model)

U cilju ispitivanja da li se odnosi u predloženom modelu razlikuju između grupa ispitanika, primenjen je višegrupni SEM pristup za tri grupe: budući učitelji, budući nastavnici matematike i nastavnici matematike iz prakse. U prvom koraku analiziran je neograničeni (engl. *unconstrained*) model, u kome su svi parametri slobodno procenjivani unutar svake grupe, kako bi se dobio preliminarni uvid u obrazac strukturnih odnosa. Indeksi prilagođenosti ukazuju na prihvatljivo prilagođavanje modela podacima ($\chi^2 = 1958,711$; $\chi^2/df = 1,513$; TLI = 0,915; CFI = 0,926; RMSEA = 0,031; SRMR = 0,065), što opravdava dalju analizu i poređenje strukturnih odnosa između grupa.

Rezultati strukturnih putanja prikazani su u Tabeli 3.9. U sve tri grupe konzistentno je utvrđeno da tehnološka kompleksnost ima negativan uticaj na doživljaj lakoće korišćenja, kao i da doživljaj lakoće korišćenja i doživljaj korisnosti značajno doprinose formiranju stavova prema upotrebi računara. Subjektivna norma pokazuje stabilan pozitivan uticaj na doživljaj korisnosti u sve tri grupe, dok njen uticaj na doživljaj lakoće korišćenja nije konzistentno potvrđen u svim grupama.

Pored toga, percipirano tehnološko-pedagoško znanje sadržaja matematike pokazuje značajan uticaj na nameru korišćenja računara na nižem nivou u sve tri grupe, dok su efekti na nameru korišćenja na višem nivou varirali u zavisnosti od grupe. Dodatno, prelaz sa nižeg ka višem nivou namere korišćenja pokazuje jasan pozitivan odnos kod budućih učitelja i nastavnika iz prakse, dok taj odnos nije statistički potvrđen kod budućih nastavnika matematike (Tabela 3.9).

Tabela 3.9. Standardizovani strukturni odnosi u višegrupnom SEM modelu (*unconstrained*)

Hipoteza	Putanja	Budući učitelji β (p)	Budući nastavnici mat. β (p)	Nastavnici iz prakse β (p)
H1	BIT $\rightarrow$ BIC	0,333 (p < ,001)	0,031 (p = ,724)	0,599 (p < ,001)
H2	ATCU $\rightarrow$ BIT	0,250 (p < ,001)	-0,050 (p = ,535)	0,296 (p = ,005)
H3	ATCU $\rightarrow$ BIC	0,175 (p = ,023)	-0,199 (p = ,032)	0,344 (p = ,011)
H4	PEU $\rightarrow$ ATCU	0,544 (p < ,001)	0,486 (p < ,001)	0,537 (p < ,001)
H5	PU $\rightarrow$ ATCU	0,439 (p < ,001)	0,362 (p < ,001)	0,296 (p = ,004)
H6	PEU $\rightarrow$ PU	0,318 (p < ,001)	0,444 (p < ,001)	0,347 (p = ,005)
H7	TPCK $\rightarrow$ BIT	0,412 (p < ,001)	0,306 (p < ,001)	0,458 (p < ,001)
H8	TPCK $\rightarrow$ BIC	0,190 (p = ,012)	0,169 (p = ,062)	-0,129 (p = ,281)
H9	TC $\rightarrow$ BIC	0,090 (p = ,216)	-0,337 (p < ,001)	0,232 (p = ,060)
H10	TC $\rightarrow$ PEU	-0,694 (p < ,001)	-0,600 (p < ,001)	-0,757 (p < ,001)
H11	FC $\rightarrow$ BIT	0,015 (p = ,856)	0,302 (p = ,004)	-0,207 (p = ,080)
H12	FC $\rightarrow$ BIC	-0,034 (p = ,651)	0,116 (p = ,255)	0,155 (p = ,194)
H13	SN $\rightarrow$ PU	0,332 (p < ,001)	0,325 (p < ,001)	0,409 (p < ,001)
H14	SN $\rightarrow$ PEU	0,081 (p = ,169)	0,260 (p = ,001)	0,078 (p = ,389)

β – standardizovani koeficijent; p – nivo značajnosti

Objašnjena varijansa endogenih konstrukata prikazana je u Tabeli 3.10 i ukazuje da model u različitoj meri objašnjava namere korišćenja na nižem i višem nivou unutar grupa, što dodatno opravdava naredni korak — formalno testiranje razlika između grupa putem ograničenih (*constrained*) modela strukturnih putanja.

Tabela 3.10 Objašnjena varijansa endogenih konstrukata (R^2) po grupama

Konstrukt (endogeni)	Budući učitelji R^2	Budući nastavnici mat. R^2	Nastavnici iz prakse R^2
PEU	0,490	0,498	0,554
PU	0,230	0,416	0,264
ATCU	0,655	0,569	0,476
BIT	0,249	0,227	0,355
BIC	0,245	0,174	0,476

3.3.3 Višegrupna SEM analiza – ograničeni model

Nakon procene neograničenog višegrupnog SEM modela, u narednom koraku testirani su ograničeni (*constrained*) modeli strukturnih putanja, u kojima su svi strukturni odnosi fiksirani na jednake vrednosti u sve tri grupe ispitanika. Cilj ove analize bio je da se ispita da li se strukturni odnosi između konstrukata statistički značajno razlikuju između budućih učitelja, budućih nastavnika matematike i nastavnika matematike iz prakse.

Rezultati poređenja neograničenog i ograničenog višegrupnog SEM modela prikazani su u Tabeli 3.11. Poređenje neograničenog i ograničenog modela pokazalo je minimalne promene indeksa prilagođenosti ($\Delta CFI = -0,004$; $\Delta RMSEA = 0,000$), što je u skladu sa preporukama (Cheung & Rensvold, 2002; Chen, 2007). S obzirom na to da je vrednost ΔCFI manja od preporučene granične vrednosti od 0,01, može se zaključiti da ne postoje statistički značajne razlike u strukturnim putanjama između grupa.

Ovi rezultati ukazuju da predloženi model funkcioniše na sličan način kod sve tri grupe ispitanika, odnosno da su odnosi između doživljaja lakoće korišćenja, doživljaja korisnosti, stavova, tehnološko-pedagoškog znanja sadržaja i namere korišćenja računara na nižem i višem nivou strukturalno invarijantni u odnosu na profesionalni status ispitanika.

Tabela 3.11 Poređenje neograničenog i ograničenog višegrupnog SEM modela

Model	CFI	RMSEA	χ^2	df	ΔCFI	$\Delta RMSEA$	$\Delta \chi^2$
SEM grupe – neograničeni	0,926	0,031	1957,397	1293	–	–	–
SEM grupe – ograničeni	0,922	0,031	2027,023	1323	-0,004	0,000	69,626

3.4 Sažetak rezultata

Rezultati sprovedenih analiza pokazuju da predloženi istraživački model ima dobro prilagođavanje podacima na nivou kompletnog uzorka, kao i u okviru pojedinačnih grupa ispitanika. Potvrđena je valjanost i pouzdanost mernog modela, kao i adekvatna konvergentna i diskriminantna validnost latentnih konstrukata.

Strukturno modelovanje ukazalo je na značajnu ulogu doživljaja lakoće korišćenja i doživljaja korisnosti u formiranju stavova prema upotrebi računara, kao i na centralnu ulogu stavova i percipiranog tehnološko-pedagoškog znanja sadržaja matematike u objašnjenju namere korišćenja računara na nižem i višem nivou. Dodatno, analiza direktnih, indirektnih i ukupnih efekata pokazala je da se prelaz sa tradicionalnih ka inovativnim oblicima primene tehnologije ostvaruje postepeno, uz značajnu ulogu medijatorskih mehanizama.

Višegrupna SEM analiza pokazala je da su strukturni odnosi u modelu stabilni između budućih učitelja, budućih nastavnika matematike i nastavnika matematike iz prakse, što ukazuje na široku primenljivost predloženog modela u različitim fazama profesionalnog razvoja nastavnika.

IV

IV DISKUSIJA

4.1 Interpretacija glavnih nalaza istraživanja

Polazna ideja monografije *Od stavova do prakse: razumevanje prihvatanja IKT u nastavi matematike* zasniva se na pretpostavci da prihvatanje tehnologije kod nastavnika nije jednodimenzionalan fenomen, već proces u kojem se prepliću kognitivne procene (korisnost i lakoća korišćenja), afektivne procene (stavovi), socijalni uticaji (subjektivna norma), kao i profesionalno-pedagoške kompetencije (percipirano tehnološko-pedagoško znanje sadržaja matematike). U tom procesu, namera korišćenja računara na nižem nivou (BIT), koji obuhvata više „osnovnih”, rutinskih i tradicionalno orijentisanih načina primene, može predstavljati preduslov i prelaznu fazu za razvoj namere korišćenja na višem nivou (BIC), koji je inovativniji, učenički usmeren i pedagoški složeniji.

Rezultati prikazani u poglavlju 3 potvrđuju da predloženi model ima dobro prilagođavanje podacima i validne psihometrijske karakteristike mernog dela, što omogućava da se interpretacija strukturnih odnosa zasnjuje na pouzdanom empirijskom temelju. U nastavku se diskusija organizuje direktno u odnosu na istraživačka pitanja (RQ1–RQ3), a potom se razmatraju teorijske i praktične implikacije, kao i ograničenja i mogući pravci daljih istraživanja.

4.2 Ključni prediktori namere korišćenja IKT-a u nastavi matematike na nižem i višem nivou primene

4.2.1 Opšti obrazac rezultata: pozitivne percepcije, ali jasna „hijerarhija” BIT–BIC

Deskriptivni pokazatelji dobijeni u ovoj studiji (Tabela 3.1) ukazuju na to da ispitanici, posmatrano na nivou celokupnog uzorka, ispoljavaju uglavnom pozitivne percepcije u odnosu na ključne konstrukte predloženog modela prihvatanja IKT-a u nastavi matematike. Srednje vrednosti stavova prema upotrebi računara (ATCU), doživljaja korisnosti (PU), doživljaja lakoće korišćenja (PEU), subjektivne norme (SN), percipiranog tehnološko-pedagoškog znanja sadržaja matematike (TPCK), kao i namere korišćenja računara na nižem nivou nastavne primene (BIT), nalaze se iznad teorijskog središta skale. Ovakvi rezultati ukazuju da ispitanici u principu prepoznaju potencijal IKT-a u nastavi matematike i da ne pokazuju izrazito negativne stavove ili otpor prema njihovoj upotrebi.

Nasuprot tome, tehnološka kompleksnost (TC) ima srednju vrednost ispod teorijskog središta, što upućuje na to da tehnologija u proseku nije doživljena kao izrazito složena ili teška za upotrebu. Ovaj nalaz je u skladu sa savremenim kontekstom obrazovanja, u kojem su digitalne tehnologije postale svakodnevni deo profesionalnog i privatnog života nastavnika, što postepeno smanjuje osećaj tehnološke barijere (Tondeur et al., 2021). Istovremeno, niža percipirana kompleksnost može odražavati i činjenicu da se ispitanici pre svega oslanjaju na osnovne i poznate oblike primene tehnologije, koji ne zahtevaju napredna tehnička ili programerska znanja.

Međutim, i pored ovako povoljne slike percepcija i stavova, rezultati jasno ukazuju na postojanje značajne razlike između namere korišćenja računara na nižem nivou (BIT) i namere korišćenja na višem, inovativnom nivou (BIC), pri čemu je BIT statistički i praktično izraženija od BIC (Tabela 3.1). Ovaj nalaz nije iznenađujuć i u potpunosti je u skladu sa prethodnim istraživanjima koja ukazuju da nastavnici, kao i budući nastavnici, pokazuju veću spremnost da koriste tehnologiju na načine koji su bliži tradicionalnim nastavnim praksama, kao što su prezentacije, demonstracije ili individualni rad, nego da usvajaju složenije, učenički usmerene i konstruktivistički orijentisane oblike primene (Tondeur et al., 2007; Teo et al., 2017; Milutinović & Mandić, 2022).

Niža namera korišćenja na višem nivou može se tumačiti kao posledica povećane pedagoške i organizacione zahtevnosti inovativnih oblika primene IKT-a. Za razliku od tradicionalne upotrebe, koja često podrazumeva nadogradnju postojećih nastavnih postupaka, inovativna upotreba zahteva redizajn nastavnih aktivnosti, promenu uloge nastavnika i učenika, veću fleksibilnost u upravljanju časom, kao i viši nivo tehnološko-pedagoškog znanja (Ruthven, 2009; Joubert, 2013; Voogt, 2010). Shodno tome, niža vrednost BIC ne ukazuje nužno na otpor prema tehnologiji, već pre na oprez i realističnu procenu sopstvenih kapaciteta i uslova za primenu složenijih oblika IKT-a u nastavi matematike.

Poseban značaj ovog nalaza ogleda se u činjenici da on podržava konceptualizaciju prihvatanja IKT-a kao faznog procesa, a ne kao jedinstvenog i homogenog ishoda. Razlikovanje namere korišćenja na nižem (BIT) i višem nivou (BIC) omogućava finiju analizu procesa usvajanja tehnologije i u skladu je sa tipologijama primene IKT-a u obrazovanju koje razlikuju reproduktivne, adaptivne i transformativne oblike korišćenja (Tubin, 2012; Tondeur et al., 2007). U tom kontekstu, BIT se može posmatrati kao početna i stabilizujuća faza u kojoj nastavnici razvijaju osnovno samopouzdanje i rutinu u radu sa tehnologijom, dok BIC predstavlja napredniju fazu koja podrazumeva dublju integraciju tehnologije u pedagošku transformaciju nastave.

Ovakvo tumačenje u skladu je i sa rezultatima prethodnih studija u srpskom i međunarodnom kontekstu, koje su pokazale da pozitivni stavovi i percepcije ne moraju automatski dovesti do inovativne upotrebe IKT-a, ukoliko nisu praćeni razvijenim tehnološko-pedagoškim kompetencijama i sistematskom podrškom

(Drent & Meelissen, 2008; Ertmer, 2005; Milutinović, 2016a; Teo & Milutinović, 2015). Noviji radovi dodatno ističu da je upravo prelaz sa „osnovne” ka „transformativnoj” upotrebi tehnologije najkritičnija tačka u procesu digitalne transformacije nastave (Tondeur et al., 2021; Milutinović & Mandić, 2022).

Stoga, utvrđena „hijerarhija” BIT–BIC predstavlja jedan od ključnih nalaza ove monografije, jer teorijski i empirijski opravdava potrebu da se prihvatanje IKT-a u nastavi matematike analizira kao postepen proces u kojem se inovativna praksa ne može očekivati bez prethodne stabilizacije osnovnih oblika upotrebe. Ovaj nalaz postavlja čvrstu osnovu za dalju analizu strukturnih odnosa u modelu, posebno za ispitivanje uloge namere korišćenja na nižem nivou kao posredujućeg mehanizma u prelasku ka inovativnim, učenički usmerenim oblicima nastavne primene tehnologije. Ovo ima važnu implikaciju za obrazovanje nastavnika, jer ukazuje da razvoj inovativne nastavne prakse ne može biti zasnovan na direktnom uvođenju složenih tehnologija, već zahteva postepeno građenje sigurnosti i iskustva kroz osnovne oblike njihove primene.

4.2.2 Uloga TPCK-a u objašnjenju namere korišćenja na nižem i višem nivou

Rezultati strukturnog modela (Tabela 3.6) pokazuju da percipirano tehnološko-pedagoško znanje sadržaja matematike (TPCK) predstavlja jedan od najjačih direktnih prediktora namere korišćenja računara na nižem, tradicionalnom nivou nastavne primene ($TPCK \rightarrow BIT$, $\beta = 0,420$), čime je potvrđena hipoteza H7. Istovremeno, TPCK se pokazuje i kao statistički značajan direktni prediktor namere korišćenja računara na višem, inovativnom nivou ($TPCK \rightarrow BIC$, $\beta = 0,161$), što pruža podršku i hipotezi H8. Ovi nalazi pokazuju da TPCK ima centralnu ulogu u objašnjenju namere korišćenja IKT-a, nezavisno od nivoa primene, ali da je njegov uticaj izraženiji u domenu bazičnih oblika primene tehnologije.

Konceptualno, ovi rezultati potvrđuju jednu od ključnih pretpostavki TPCK/TPACK okvira: prihvatanje tehnologije u nastavi matematike ne može se objasniti isključivo opštim uverenjima o njenoj korisnosti ili lakoći korišćenja, već pre svega osećajem nastavnika da poseduje adekvatno, kontekstualizovano znanje o tome kako, kada i zašto je smisleno koristiti određene digitalne alate u odnosu na konkretne matematičke sadržaje i nastavne ciljeve (Mishra & Koehler, 2006; Angeli & Valanides, 2009; Niess, 2005, 2007). Drugim rečima, TPCK funkcioniše kao profesionalni resurs koji povezuje tehnologiju, pedagogiju i sadržaj, i time omogućava da se pozitivne percepcije tehnologije transformišu u realističnu nameru nastavne primene.

Posebno je značajno što TPCK ima direktan uticaj i na nameru korišćenja na višem nivou (BIC), što ukazuje na to da kompetencijska sigurnost nastavnika može podstaći inovativniju nameru i bez potpunog oslanjanja na posredne mehanizme. Ipak, veličina ovog direktnog efekta ($\beta = 0,161$) u poređenju sa znatno jačim

efektom na BIT ($\beta = 0,420$) sugerije da inovativna primena tehnologije zahteva dodatne uslove i procese, kao što su postepeno građenje iskustva, razvoj samopouzdanja i stabilizacija nastavne prakse. Ovaj obrazac je u skladu sa istraživanjima koja pokazuju da je upravo nastavničko znanje integracije tehnologije u predmetnu nastavu jedan od najkonzistentnijih prediktora inovativne upotrebe IKT-a, ali ne i jedini (Teo, 2011; Teo & Milutinović, 2015; Teo et al., 2016; Teo et al., 2017).

Dodatni uvid u ulogu TPCK-a pruža analiza indirektnih i ukupnih efekata (Tabela 3.7). Ukupni efekat TPCK-a na BIC iznosi 0,285, pri čemu indirektni efekat preko namere korišćenja na nižem nivou iznosi 0,124. Ovi rezultati ukazuju da TPCK značajan deo svog uticaja na inovativnu nameru ostvaruje posredno, kroz nameru korišćenja računara na nižem nivou. Ovakva struktura efekata dopunjuje i empirijski osnažuje hipotezu H1, koja pretpostavlja da namera korišćenja na nižem nivou (BIT) značajno utiče na nameru korišćenja na višem nivou (BIC).

Drugim rečima, TPCK najpre podstiče formiranje namere upotrebe tradicionalnijih, pedagoški manje zahtevnijih oblika primene tehnologije, a zatim ta osnovna namera funkcioniše kao tranziciona faza ka složenijim i učenički usmerenim oblicima nastavne prakse. Ovaj nalaz je posebno važan jer pokazuje da inovativna upotreba IKT-a ne nastaje „skokom”, već kao rezultat postepenog procesa u kome se kompetencije, namere i iskustva međusobno nadovezuju. Sličan fazni obrazac integracije tehnologije u nastavi matematike opisan je i u ranijim istraživanjima u srpskom kontekstu (Milutinović, 2016a; Milutinović & Mandić, 2022), kao i u međunarodnoj literaturi koja naglašava razvoj od tehničke upotrebe ka pedagoški transformativnoj praksi (Drent & Meelissen, 2008; Tondeur et al., 2021).

U kontekstu ove monografije, ovi rezultati snažno podržavaju osnovnu tezu „od stavova do prakse”, ali uz ključno proširenje: prelaz ka praksi, a naročito ka inovativnoj praksi, nije moguć bez razvijenog tehnološko-pedagoškog znanja sadržaja. TPCK se, stoga, ne može posmatrati kao sporedna ili prateća varijabla, već kao strukturni nosilac procesa prihvatanja IKT-a u nastavi matematike, koji istovremeno oblikuje i objašnjava kako tradicionalne, tako i inovativne namere nastavnika.

Ovo ukazuje da razvoj tehničkih veština sam po sebi nije dovoljan, već da je neophodno sistematski razvijati sposobnost nastavnika da tehnologiju pedagoški osmisle i povežu sa konkretnim matematičkim sadržajem.

4.2.3 Stavovi kao stabilan prediktor namere: afektivna komponenta prihvatanja

Rezultati strukturnog modela pokazuju da stavovi prema upotrebi računara (ATCU) predstavljaju značajan i stabilan prediktor namere korišćenja računara i na nižem (ATCU $\rightarrow$ BIT, $\beta = 0,185$) i na višem nivou nastavne primene (ATCU $\rightarrow$ BIC, $\beta = 0,145$), čime su potvrđene hipoteze H2 i H3 (Tabela 3.6). Ovi nalazi ukazuju da afektivna komponenta prihvatanja tehnologije ima centralnu ulogu u formiranju namere, nezavisno od nivoa pedagoške složenosti primene.

U skladu sa klasičnim TAM modelom (Davis, 1989; Davis et al., 1989), ali i sa teorijom planiranog ponašanja (Ajzen, 1991), stavovi deluju kao ključni psihološki mehanizam koji povezuje kognitivne procene (npr. korisnost i lakoću korišćenja) sa namerom ponašanja. U kontekstu nastave matematike, pozitivan stav prema upotrebi računara ne predstavlja samo racionalnu procenu „da li je tehnologija dobra”, već odražava i emocionalnu sigurnost, osećaj kontrole i spremnost nastavnika da preuzme pedagoški rizik. Zbog toga se stavovi mogu posmatrati kao svojevrsni mehanizam aktiviranja namere: čak i kada nastavnik prepoznaje korisnost tehnologije, namere će biti stabilnije i izraženije onda kada je prisutan pozitivan emocionalno-vrednosni odnos prema njenoj upotrebi.

Posebno je značajno što analiza indirektnih i ukupnih efekata (Tabela 3.7) pokazuje da stavovi imaju veći ukupni nego direktni efekat na nameru korišćenja računara na višem nivou (ATCU → BIC: direktno $\beta = 0,145$; indirektno $\beta = 0,055$; ukupno $\beta = 0,199$). Ovaj nalaz ukazuje da stavovi ne deluju isključivo kao neposredan podsticaj ka inovativnoj upotrebi tehnologije, već da značajan deo njihovog uticaja prolazi kroz nameru korišćenja na nižem nivou (BIT), koja funkcioniše kao posredujući mehanizam.

Ovakva struktura odnosa ima važne teorijske i pedagoške implikacije. Ona pokazuje da se afektivna prihvaćenost tehnologije najpre „materijalizuje” u spremnosti nastavnika da koristi IKT na tradicionalnije, manje zahtevne načine, a da tek potom, kroz postepeno jačanje namere i iskustva, omogućava prelaz ka složenijim, učenički usmerenim oblicima nastavne prakse. Na taj način, stavovi deluju kao stabilan psihološki resurs koji vremenom podržava razvoj inovativnije nastavne namere, što je u skladu sa rezultatima brojnih prethodnih istraživanja u obrazovnom kontekstu (Teo, 2009b; Teo, 2011; Pynoo et al., 2012; Cheung & Vogel, 2013).

Nalazi ove studije takođe potvrđuju ranije rezultate dobijene u srpskom kontekstu, koji su pokazali da su stavovi jedan od najkonzistentnijih prediktora namere korišćenja tehnologije u nastavi matematike, kako kod budućih nastavnika, tako i kod nastavnika iz prakse (Milutinović, 2016a; Teo & Milutinović, 2015; Milutinović & Mandić, 2022). Ovi radovi ukazuju da, čak i u uslovima ograničenih resursa ili nedovoljne institucionalne podrške, pozitivni stavovi mogu održati nameru korišćenja tehnologije i podstaći nastavnike da eksperimentišu sa različitim oblicima primene IKT-a.

U širem teorijskom smislu, dobijeni rezultati podržavaju argument da prihvatanje tehnologije u nastavi ne može biti svedeno na tehničke ili instrumentalne faktore, već da podrazumeva složen proces u kome emocionalni, motivacioni i vrednosni aspekti igraju ključnu ulogu (Ertmer, 2005; Hermans et al., 2008; Teo, 2022). U tom smislu, stavovi prema upotrebi računara predstavljaju „psihološki most” između znanja, percepcija i konkretne nastavne prakse.

Praктиčno, ovo znači da intervencije usmerene isključivo na tehničku obuku nastavnika imaju ograničen domet ukoliko nisu praćene iskustvima koja grade pozitivan emocionalni odnos prema upotrebi tehnologije.

U kontekstu monografije, ovi nalazi dodatno osnažuju osnovnu tezu da prelaz od prihvatanja ka realnoj upotrebi tehnologije nije moguć bez stabilne afektivne podloge. Stavovi ne samo da direktno oblikuju nameru korišćenja IKT-a, već i posredno, kroz postepeno građenje namere za tradicionalnu primenu, otvaraju prostor za razvoj inovativnijih i pedagoški transformativnih oblika nastave matematike.

4.2.4 Uloga doživljaja korisnosti i lakoće korišćenja: kognitivna osnova za formiranje stavova

Rezultati strukturnog modelovanja potvrđuju klasični kognitivno-afektivni mehanizam prihvatanja tehnologije koji je u osnovi TAM modela. Dobijeni nalazi pokazuju da i doživljaj lakoće korišćenja računara ($PEU \rightarrow ATCU$, $\beta = 0,482$) i doživljaj korisnosti računara ($PU \rightarrow ATCU$, $\beta = 0,434$) imaju snažan i statistički značajan uticaj na stavove prema upotrebi računara, čime su potvrđene hipoteze H4 i H5 (Tabela 3.6). Pored toga, utvrđena je i značajna direktna veza između doživljaja lakoće korišćenja i doživljaja korisnosti ($PEU \rightarrow PU$, $\beta = 0,358$), što pruža podršku hipotezi H6 i dodatno potvrđuje unutrašnju logiku TAM modela.

Ovi nalazi pokazuju da se stavovi, kao afektivna komponenta prihvatanja tehnologije, u velikoj meri grade na osnovu kognitivnih procena nastavnika. Ukoliko nastavnik tehnologiju doživljava kao relativno jednostavnu za upotrebu i istovremeno smatra da ona doprinosi kvalitetu nastave i postizanju nastavnih ciljeva, veća je verovatnoća da će razviti pozitivan stav prema njenoj upotrebi. Ovakva struktura odnosa u potpunosti je u skladu sa originalnim TAM modelom (Davis, 1989; Davis et al., 1989), kao i sa brojnim kasnijim proširenjima i primenama ovog okvira u obrazovnom kontekstu (Teo, 2009b; Jan & Contreras, 2011; Teo, 2022).

Posebno je značajno što doživljaj lakoće korišćenja u ovom modelu ima dvostruku ulogu. S jedne strane, on direktno doprinosi formiranju pozitivnih stavova, a sa druge strane, deluje i posredno, kroz jačanje doživljaja korisnosti. Ovaj indirektni put $PEU \rightarrow PU \rightarrow ATCU$ predstavlja jedan od najstabilnijih i najčešće replikovanih mehanizama u istraživanjima prihvatanja tehnologije (Venkatesh & Davis, 2000; Teo et al., 2008; Teo, 2010), i ukazuje da nastavnici tehnologiju češće procenjuju kao korisnu ukoliko je doživljavaju kao laku za primenu u realnim nastavnim uslovima.

Međutim, posebnu teorijsku težinu u okviru ove studije ima činjenica da ni PEU ni PU nemaju direktne strukturne putanje ka nameri korišćenja računara, ni na nižem (BIT) ni na višem nivou primene (BIC). Umesto toga, njihov uticaj na nameru ostvaruje se isključivo indirektno, pre svega preko stavova, a zatim i preko namere korišćenja na nižem nivou. Ova struktura je jasno prikazana u Tabeli 3.7, gde PEU i PU pokazuju značajne indirektne efekte i na BIT i na BIC.

Ovakvi nalazi podržavaju interpretaciju da kognitivne percepcije same po sebi nisu dovoljne za formiranje stabilne namere korišćenja tehnologije u nastavi

matematike. Tehnologija može biti doživljena kao korisna i jednostavna, ali ukoliko te percepcije ne budu „prevedene” u pozitivan afektivni odnos i osećaj pedagoške smislenosti, one neće rezultirati jasnom i održivom namerom, naročito kada je reč o inovativnijim oblicima primene.

Ovaj nalaz je u skladu sa savremenim tumačenjima TAM modela, koja ukazuju da PU i PEU ne deluju uvek kao neposredni prediktori namere, već da njihov uticaj često zavisi od posredničkih mehanizama, naročito u složenim profesionalnim kontekstima kao što je nastava (Benbasat & Barki, 2007; Legris et al., 2003; Teo, 2022). U nastavi matematike, gde upotreba tehnologije podrazumeva pedagoške odluke, prilagođavanje nastavnih sadržaja i organizaciju nastavnog procesa, uticaj percepcija korisnosti i lakoće korišćenja ne može se posmatrati izolovano, već u okviru šireg sistema uverenja i stavova nastavnika.

Rezultati ove studije su u skladu i sa ranijim nalazima u srpskom obrazovnom kontekstu, koji su pokazali da PU i PEU imaju snažan uticaj na stavove, ali da se njihov uticaj na nameru često ostvaruje posredstvom drugih faktora, kao što su stavovi i percipirane kompetencije (Teo & Milutinović, 2015; Milutinović, 2016; Milutinović & Mandić, 2022). Novija istraživanja takođe ukazuju da u savremenim modelima prihvatanja tehnologije kognitivne percepcije sve češće deluju kao uslovi za razvoj pozitivnih stavova, a ne kao direktni pokretači ponašanja (Tondeur et al., 2021; Teo, 2022).

U kontekstu monografije, ovi nalazi dodatno osnažuju osnovnu tezu da se put od percepcije do primene tehnologije odvija postepeno i posredovano. Doživljaji lakoće korišćenja i korisnosti predstavljaju neophodnu kognitivnu osnovu, ali tek kroz formiranje pozitivnih stavova i njihovu operacionalizaciju na nižem nivou primene (BIT) nastaje prostor za stabilnu i pedagoški smislenu nameru inovativne upotrebe IKT-a u nastavi matematike. Ovo dodatno ukazuje da kognitivne procene same po sebi nisu dovoljne za pokretanje nastavne promene, već da moraju biti integrisane u širi sistem uverenja i pedagoških namera nastavnika.

4.2.5 Subjektivna norma: socijalni uticaj deluje kroz percepcije, ne kroz direktnu nameru

Rezultati strukturnog modelovanja pokazuju da subjektivna norma (SN) nema direktan uticaj na nameru korišćenja računara, ni na nižem (BIT) ni na višem nivou primene (BIC), ali ostvaruje značajne i statistički relevantne efekte na ključne kognitivne percepcije u modelu. Konkretno, utvrđeni su značajni uticaji subjektivne norme na doživljaj korisnosti računara ($SN \rightarrow PU, \beta = 0,367$) i na doživljaj lakoće korišćenja ($SN \rightarrow PEU, \beta = 0,122$), čime su potvrđene hipoteze H13 i H14 (Tabela 3.6).

Ovi nalazi ukazuju na to da socijalni uticaj u kontekstu nastave matematike ne funkcioniše kao direktan „pritisak” koji dovodi do namere ponašanja, već kao subtilniji mehanizam oblikovanja uverenja i percepcija nastavnika. Podrška značajnih

drugih — kao što su kolege, rukovodstva škola, nastavnici-edukatori i šira akademska i profesionalna zajednica — ne mora direktno da podstakne nastavnika da koristi tehnologiju, ali može značajno da ojača uverenje da je tehnologija korisna i da je moguće uspešno ovladati njenom primenom u nastavnoj praksi.

Na ovaj način, subjektivna norma deluje kao kontekstualni pokretač kognitivnih procena: ono što okruženje prepoznaje, vrednuje i podržava, pojedinac lakše interpretira kao pedagoški smisleno i izvodljivo. Ovaj mehanizam je u skladu sa proširenim TAM i TPB modelima, u kojima je uloga subjektivne norme često indirektna, posebno u dobrovoljnim i profesionalno autonomnim kontekstima (Venkatesh & Davis, 2000; Schepers & Wetzels, 2007; Teo, 2010).

Analiza indirektnih i ukupnih efekata (Tabela 3.7) pokazuje da subjektivna norma ima male, ali dosledne ukupne efekte i na BIT i na BIC. Ovi efekti nastaju posredno, pre svega kroz doživljaj korisnosti, doživljaj lakoće korišćenja i stavove prema upotrebi računara. Iako ovi efekti nisu veliki, njihova stabilnost ukazuje na to da socijalni uticaj ima ulogu „pozadinskog regulatora” koji oblikuje kognitivno-afektivnu osnovu prihvatanja tehnologije.

Ovakvi nalazi su u skladu sa brojnim prethodnim istraživanjima u obrazovnom kontekstu koja pokazuju da subjektivna norma češće deluje indirektno nego direktno na nameru upotrebe tehnologije (Mathieson, 1991; Taylor & Todd, 1995; Teo et al., 2008; Teo, 2011). Metaanalitički nalazi takođe ukazuju da je direktan uticaj subjektivne norme na nameru ponašanja češće prisutan u obavezujućim kontekstima, dok u dobrovoljnim okruženjima, kakva je nastava, SN deluje kroz percepcije korisnosti i relevantnosti tehnologije (Schepers & Wetzels, 2007).

Posebno je važno naglasiti da se ovi rezultati uklapaju u specifičnosti obrazovnog sistema u Srbiji. U uslovima u kojima upotreba IKT-a u nastavi matematike nije strogo normativno propisana, već u velikoj meri zavisi od individualnih pedagoških odluka nastavnika, socijalni uticaj verovatno ne funkcioniše kao direktna norma ponašanja, već kao signal vrednosti i očekivanja. Ova interpretacija je u skladu sa ranijim nalazima u srpskom kontekstu, koji ukazuju da nastavnici i budući nastavnici pokazuju veću autonomiju u odlukama o upotrebi tehnologije, pri čemu socijalni faktori oblikuju njihove stavove i percepcije, ali ne i direktno ponašanje (Teo & Milutinović, 2015; Milutinović, 2016; Milutinović, 2022).

Sa teorijskog stanovišta, ovi rezultati podržavaju interpretaciju da subjektivna norma u modelima prihvatanja tehnologije u obrazovanju ima pre svega kulturno-orientacionu, a ne kontrolno-normativnu funkciju. Ona signalizira „šta je poželjno” i „šta se podržava”, ali ne zamenjuje ličnu procenu pedagoške smislenosti i sopstvene kompetentnosti. Upravo zato se njen uticaj u ovom modelu ispoljava kroz PU i PEU, a ne kao direktna putanja ka nameri korišćenja.

U okviru monografije, ovi nalazi dodatno naglašavaju da je socijalni kontekst važan, ali ne i dovoljan uslov za promenu nastavne prakse. Podrška okruženja može olakšati prepoznavanje vrednosti i izvodljivosti tehnologije, ali tek u kombinaciji sa pozitivnim stavovima i razvijenim tehnološko-pedagoškim znanjem

sadržaja može dovesti do stabilne i inovativne namere upotrebe. Ovo ima značajnu implikaciju za obrazovne institucije, jer ukazuje da podrška okruženja treba da bude usmerena na oblikovanje pozitivnih percepcija i stavova, a ne samo na formalno propisivanje upotrebe tehnologije.

4.2.6 Tehnološka kompleksnost i olakšavajući uslovi: zašto infrastruktura nije dovoljna bez uverenja i kompetencija

Rezultati strukturnog modela pokazuju da tehnološka kompleksnost (TC) ima veoma snažan i statistički značajan negativan uticaj na doživljaj lakoće korišćenja računara (TC → PEU, $\beta = -0,677$), čime je potvrđena hipoteza H10 (Tabela 3.6). Ovaj koeficijent predstavlja jedan od najjačih efekata u celom modelu i nosi važnu teorijsku i pedagošku poruku: ukoliko nastavnik tehnologiju doživljava kao složenu, nejasnu ili zahtevnu za upotrebu, to direktno podriva njegov doživljaj lakoće korišćenja, što se zatim, posredno, odražava na stavove prema upotrebi tehnologije, doživljaj korisnosti i konačno na nameru korišćenja. Iz toga proizlazi da je jedan od ključnih zadataka obrazovanja nastavnika redukcija percipirane složenosti tehnologije kroz jasno strukturirane i pedagoški relevantne primere njene primene.

Ovaj nalaz je u potpunosti u skladu sa klasičnim TAM pretpostavkama, kao i sa proširenim modelima prihvatanja tehnologije u obrazovnom kontekstu, koji ukazuju da tehnološka složenost ne deluje direktno na ponašanje, već pre svega kroz kognitivne percepcije korisnika (Thompson et al., 1991; Venkatesh, 2000; Teo, 2010). Drugim rečima, tehnologija ne postaje „odbojna” zato što je inovativna, već zato što se doživljava kao teška za razumevanje i integraciju u nastavnu praksu.

Istovremeno, direktan uticaj tehnološke kompleksnosti na nameru korišćenja računara na višem, inovativnom nivou nije potvrđen (TC → BIC, $\beta = 0,006$; $p = 0,908$), te hipoteza H9 nije podržana. Ovaj rezultat je posebno značajan jer ukazuje da kompleksnost ne deluje kao neposredna „kočnica” za inovativnu nameru. Nastavnici koji su spremni da razmišljaju o inovativnoj primeni tehnologije ne odustaju automatski zbog tehničke složenosti, već njihova namera zavisi od šireg skupa faktora – pre svega od stavova, doživljaja korisnosti i sopstvene pedagoške kompetentnosti.

U tom smislu, tehnološka kompleksnost je u ovom modelu strukturno ugrađena u proces formiranja percepcija, a ne u samu odluku o nameri korišćenja. Ova interpretacija je u skladu sa istraživanjima koja pokazuju da nastavnici mogu biti spremni da prihvate složenije tehnologije ukoliko imaju jasnu pedagošku svrhu, adekvatnu podršku u učenju i razvijeno tehnološko-pedagoško znanje sadržaja (Ertmer, 2005; Hermans et al., 2008; Ruthven, 2009).

Kada je reč o olakšavajućim uslovima (FC), rezultati pokazuju da ovaj konstrukt nije značajan direktan prediktor ni namere korišćenja računara na nižem nivou (FC → BIT), ni namere korišćenja na višem nivou (FC → BIC), te hipoteze H11 i H12 nisu potvrđene (Tabela 3.6). Na prvi pogled, ovaj nalaz može delovati

kontraintuitivno, budući da se u brojnim strategijama obrazovne politike upravo infrastruktura, oprema i tehnička podrška prepoznaju kao ključni preduslovi za integraciju IKT-a u nastavi.

Međutim, postoji više interpretacija ovog rezultata, koje su u skladu i sa dobijenim podacima i sa savremenom literaturom. Prvo, moguće je da olakšavajući uslovi u ovom uzorku imaju relativno malu varijabilnost ili da su operacionalizovani na opštem nivou, što može umanjiti njihovu moć da objasne individualne razlike u nameri korišćenja (Cronbach $\alpha = 0,67$). Drugo, i teorijski značajnije, olakšavajući uslovi verovatno deluju posredno, pre svega kroz percepcije lakoće i korisnosti, a ne kao direktan pokretač namere.

U datom modelu, putanje $FC \rightarrow PEU$ i $FC \rightarrow PU$ nisu eksplicitno definisane, što znači da je direktan efekat FC na namere možda ostao „prigušen”. Istraživanja u obrazovnom kontekstu pokazuju da sama dostupnost resursa retko dovodi do promene prakse ukoliko nije praćena razvojem kompetencija i pedagoškog smisla upotrebe tehnologije (Lim & Khine, 2006; Wood et al., 2005; Tondeur et al., 2021).

Posebno je značajno što u kontekstu nastave matematike, bar u ovom uzorku, nameru korišćenja tehnologije u većoj meri oblikuju individualne karakteristike nastavnika – kao što su TPCK, stavovi i doživljaj korisnosti – nego spoljašnji kontekstualni faktori. Ispitanici, čini se, računaju na to da će se snaći i u uslovima koji nisu idealni, ukoliko imaju dovoljno znanja, motivacije i pedagoške sigurnosti. Ovaj obrazac je u skladu sa ranijim nalazima u srpskom i širem evropskom kontekstu, koji ukazuju da nastavnici često kompenzuju nedostatke infrastrukture ličnim angažovanjem i profesionalnim uverenjima (Dimitrijević et al., 2012; Teo & Milutinović, 2015; Milutinović, 2016a).

Sa praktične strane, ovi nalazi imaju važne implikacije. Oni ukazuju da ulaganje u infrastrukturu i tehničku podršku jeste neophodno, ali nije dovoljno da bi se podstakla inovativna upotreba IKT-a u nastavi matematike. Bez sistematskog razvoja tehnološko-pedagoškog znanja sadržaja i bez jačanja pozitivnih stavova prema pedagoški smisljenoj upotrebi tehnologije, infrastruktura ostaje nedovoljno iskorišćen resurs. Ovo ukazuje da investicije u tehničke resurse moraju biti praćene ulaganjem u profesionalni razvoj nastavnika, kako bi infrastruktura postala funkcionalan, a ne pasivan element nastavnog procesa. Ovaj nalaz snažno podržava centralnu tezu monografije: prelaz od stavova do prakse ne odvija se mehanički, već kroz složenu interakciju uverenja, kompetencija i konteksta.

4.3 Tranzicioni mehanizam: BIT kao posredujuća faza ka BIC

Nalazi ove studije snažno podržavaju ideju da namera korišćenja računara na nižem nivou (BIT) predstavlja ključnu tranzicionu fazu u procesu prihvatanja tehnologije u nastavi matematike i da značajno utiče na formiranje namere korišćenja na višem, inovativnom nivou (BIC). Hipoteza H1 je jasno potvrđena ($BIT \rightarrow BIC$, $\beta = 0,295$; $p < 0,001$), a analiza direktnih, indirektnih i ukupnih efekata (Tabela 3.7) pokazuje da BIT ima stabilan i teorijski smislen ukupni efekat na BIC.

Ovaj rezultat je konceptualno jedan od najznačajnijih u celoj monografiji, jer omogućava da se proces prihvatanja IKT-a u nastavi matematike ne posmatra kao binarna odluka „koristim / ne koristim”, već kao fazni i razvojni proces, koji podrazumeva postepeno kretanje od jednostavnijih ka složenijim oblicima primene tehnologije. Na taj način, nalazi ove studije proširuju klasični TAM okvir, koji nameru korišćenja tretira kao jedinstven ishod, i uvode diferenciranu, pedagoški osetljiviju perspektivu namere kao višedimenzionalnog konstrukta.

U pedagoškom smislu, tranziciona uloga BIT-a ogleda se u tome što nastavnici (i budući nastavnici) najpre razvijaju nameru da tehnologiju koriste u manje rizičnim, strukturisanim i njima poznatim oblicima primene, kao što su prezentacije, demonstracije, vežbanje ili digitalna podrška frontalnoj nastavi. Tek nakon što se takva namera učvrsti i steknu pozitivna iskustva u primeni tehnologije, otvara se prostor za prelaz ka inovativnijim, učenički usmerenim i pedagoški zahtevnijim oblicima upotrebe, koji podrazumevaju veću otvorenost, fleksibilnost i toleranciju na neizvesnost u nastavnom procesu.

Ova interpretacija je u skladu sa istraživanjima koja ukazuju da je integracija tehnologije u nastavi matematike duboko uslovljena pedagoškim uverenjima, osećajem kontrole i postepenim razvojem profesionalne sigurnosti (Ertmer, 2005; Ruthven, 2009; Voogt, 2010). Takođe, ona korespondira sa nalazima koji pokazuju da nastavnici češće počinju sa tradicionalnim oblicima primene IKT-a i tek kasnije, uz odgovarajuću podršku, prelaze ka inovativnijim praksama (Tondeur et al., 2007; Drent & Meelissen, 2008; Teo et al., 2017).

Posebno je značajno što analiza indirektnih efekata pokazuje da stavovi prema upotrebi računara (ATCU) i percipirano tehnološko-pedagoško znanje sadržaja (TPCK) imaju ne samo direktne, već i indirektno efekte na BIC upravo posredstvom BIT-a. Drugim rečima, i stavovi i kompetencije najpre grade nameru za osnovnu, stabilnu upotrebu tehnologije, a zatim BIT deluje kao most ka složenijoj i inovativnijoj primeni. Ovaj nalaz snažno podržava centralnu tezu monografije *Od stavova do prakse*, pokazujući da se pedagoška praksa ne menja direktno, već kroz niz međusobno povezanih kognitivnih, afektivnih i kompetencijskih koraka.

Iz teorijske perspektive, ovaj rezultat je u skladu sa proširenim TAM i TPCK modelima koji naglašavaju da prihvatanje tehnologije u obrazovanju podrazumeva više od percepcije korisnosti i lakoće upotrebe – ono zahteva integraciju pedagoškog znanja, predmetnog sadržaja i tehnoloških mogućnosti u smislene nastavne scenarije (Mishra & Koehler, 2006; Angeli & Valanides, 2009; Niess et al., 2009). Raniji nalazi u srpskom kontekstu takođe su ukazivali na ovu postepenu dinamiku, pokazujući da je tradicionalna upotreba računara često preduslov za razvoj inovativne prakse (Milutinović, 2016a; Teo & Milutinović, 2015; Teo et al., 2017).

Praktične implikacije ovog tranzicionog mehanizma su izuzetno važne za inicijalno obrazovanje nastavnika i stručno usavršavanje. Nalazi jasno ukazuju da nije realistično očekivati da se nastavnici odmah pozicioniraju na višem nivou

primene IKT-a. Umesto toga, mnogo je smislenije planirati profesionalni razvoj u pedagoški promišljenim koracima:

1. stabilizacija osnovne namere i samopouzdanja u korišćenju tehnologije (BIT),
2. sistematičan razvoj TPCK kroz konkretne, predmetno utemeljene nastavne scenarije,
3. jačanje pozitivnih stavova kroz uspešna iskustva i modelovanje dobre prakse,
4. postepeni prelaz ka inovativnoj, učenički usmerenoj upotrebi tehnologije (BIC).

Ovakva sekvencijalna logika razvoja u potpunosti je u skladu sa savremenim pristupima obrazovanju nastavnika, koji naglašavaju da je inovativna upotreba tehnologije rezultat dugoročnog procesa učenja, refleksije i profesionalnog osnaživanja, a ne jednokratne intervencije ili tehničke obuke (Barak, 2014; Tondeur et al., 2021; Milutinović, 2022).

4.4 Razlike između grupa i stabilnost modela: između varijabilnosti putanja i strukturalne invarijantnosti

Istraživačko pitanje RQ3 bilo je usmereno na ispitivanje da li se strukturni odnosi u predloženom modelu razlikuju između budućih učitelja, budućih nastavnika matematike i nastavnika matematike iz prakse. Ovo pitanje je metodološki i interpretativno osetljivo, jer zahteva razlikovanje lokalnih razlika u pojedinačnim putanjama od globalne stabilnosti modela kao celine.

Preliminarna analiza neograničenog (engl. *unconstrained*) višegrupnog SEM modela ukazuje na to da se određene strukturne putanje razlikuju po grupama (Tabela 3.9). Na primer, tranzicioni efekat BIT → BIC je jak i statistički značajan kod budućih učitelja i nastavnika iz prakse, dok kod budućih nastavnika matematike nije potvrđen kao značajan. Takođe, uticaj stavova prema upotrebi računara (ATCU) na nameru korišćenja na višem nivou (BIC) pokazuje različite znakove i intenzitete između grupa, uključujući i negativan koeficijent kod budućih nastavnika matematike.

Međutim, kada se ove razlike formalno testiraju kroz poređenje neograničenog i ograničenog (engl. *constrained*) višegrupnog SEM modela, dobijeni rezultati pokazuju da su ukupne razlike u strukturalnim putanjama male i metodološki zanemarljive. Promene indeksa prilagođenosti ostaju unutar preporučenih graničnih vrednosti ($\Delta CFI = -0,004$; $\Delta RMSEA = 0,000$; Tabela 3.11), što ukazuje da se model može smatrati strukturalno invarijantnim između grupa. Drugim rečima, iako pojedinačne putanje mogu varirati, osnovna logika odnosa između konstruktata ostaje stabilna u sve tri grupe ispitanika.

Ovaj nalaz nije kontradiktoran, već je u potpunosti u skladu sa savremenim metodološkim preporukama i praksom u višegrupnom strukturnom modeliranju. Kako ističu neki autori (Chen, 2007; Byrne, 2016), model može biti invarijantan

kao celina, čak i kada postoje umerene razlike u pojedinačnim regresionim koeficijentima, sve dok te razlike nisu dovoljno velike da naruše globalni obrazac odnosa. Shodno tome, predloženi model funkcioniše kao stabilna „mapa mehanizama” prihvatanja tehnologije, dok se intenziteti pojedinih putanja mogu prilagođavati specifičnostima profesionalnog statusa, konteksta rada i iskustva.

Posebno je indikativno da nastavnici matematike iz prakse beleže nešto niže srednje vrednosti percipiranog tehnološko-pedagoškog znanja (TPCK) i namere korišćenja tehnologije na višem nivou (BIC), kao i više nivoe percipirane tehnološke kompleksnosti (TC), u poređenju sa budućim učiteljima i budućim nastavnicima matematike (Tabela 3.2). Ovaj obrazac je pedagoški i kontekstualno razumljiv. Realni uslovi rada, vremenska ograničenja, nastavni programi, administrativne obaveze i ograničena institucionalna podrška često doprinose tome da se tehnologija u školskoj praksi doživljava kao složenija i manje fleksibilna, dok je prelaz ka inovativnijim oblicima njene primene zahtevniji (Lim & Khine, 2006; Wachira & Keengwe, 2011; Dimitrijević et al., 2012).

S druge strane, budući učitelji i budući nastavnici matematike, koji se nalaze u fazi inicijalnog obrazovanja, češće pokazuju optimističnije i idealističnije procene u pogledu potencijala IKT-a. Međutim, ove grupe se međusobno razlikuju u pogledu toga šta za njih predstavlja „inovativno korišćenje” u nastavi matematike, što može objasniti variranje pojedinih putanja u neograničenom modelu. Ranija istraživanja su pokazala da budući nastavnici matematike često imaju jače predmetno usmerene predstave o tehnologiji, dok budući učitelji češće povezuju IKT sa opštim pedagoškim i organizacionim aspektima nastave (Teo & Milutinović, 2015; Teo et al., 2017).

Shodno tome, rezultati ove studije ukazuju da razlike između grupa ne narušavaju teorijsku validnost modela, već ga dodatno obogaćuju. One pokazuju da je predloženi model dovoljno stabilan da obuhvati različite faze profesionalnog razvoja nastavnika, ali i dovoljno osetljiv da registruje kontekstualne nijanse u intenzitetu pojedinih odnosa. Ovakva kombinacija stabilnosti i fleksibilnosti predstavlja jednu od ključnih vrednosti modela i potvrđuje njegovu primenljivost u različitim obrazovnim kontekstima. Ovaj nalaz ima važnu implikaciju jer ukazuje da se intervencije u obrazovanju nastavnika mogu zasnivati na jedinstvenom teorijskom okviru, uz prilagođavanje intenziteta pojedinih komponenti specifičnostima ciljne grupe.

4.5 Teorijske implikacije: doprinos integraciji TAM i TPCK okvira i razumevanju strukture namere korišćenja na dva nivoa

Dobijeni rezultati su u skladu sa novijim modelima koji integrišu kompetencije za primenu veštačke inteligencije, pedagoško znanje i faktore prihvatanja tehnologije, ukazujući na kompleksnu i multidimenzionalnu prirodu ovog procesa (Milutinović, 2025; Milutinović et al., 2025). Rezultati ove studije doprinose teorijskom razumevanju prihvatanja tehnologije u nastavi matematike na više međusobno

povezanih nivoa. Oslanjajući se na TAM model i integrišući ga sa TPCK okvirom, istraživanje pruža empirijski utemeljen uvid u mehanizme koji oblikuju nameru korišćenja IKT-a u nastavnoj praksi, kao i u njenu unutrašnju strukturu.

Prvo, rezultati potvrđuju da su osnovni TAM odnosi i dalje relevantni u kontekstu nastave matematike. Doživljaj lakoće korišćenja značajno utiče na doživljaj korisnosti, a oba konstrukta snažno doprinose formiranju stavova prema upotrebi računara. Međutim, za razliku od pojednostavljenih interpretacija TAM modela, u ovoj studiji percepcije lakoće i korisnosti ne deluju direktno na nameru korišćenja, već prevashodno posredno, kroz stavove i dalje kroz nameru korišćenja na nižem nivou. Ovakva struktura odnosa ukazuje da kognitivne procene same po sebi nisu dovoljne za formiranje stabilne namere, naročito kada je reč o složenijim i inovativnijim oblicima primene tehnologije.

Drugo, jedan od ključnih teorijskih doprinosa studije odnosi se na ulogu tehnološko-pedagoškog znanja sadržaja matematike (TPCK). Rezultati pokazuju da TPCK ima dvostruku funkciju u modelu: s jedne strane, direktno utiče na nameru korišćenja računara i na nižem i na višem nivou primene, a sa druge strane, posredno doprinosi formiranju namere korišćenja na višem nivou posredstvom namere na nižem nivou. Ovakvi nalazi proširuju postojeće TAM-orijentisane modele prihvatanja tehnologije, ukazujući na to da razumevanje prihvatanja tehnologije u obrazovanju zahteva uključivanje konstrukata koji integrišu tehnološku, pedagošku i predmetnu dimenziju nastave. Drugim rečima, namera nastavnika da koristi tehnologiju ne proizlazi isključivo iz procene njene korisnosti i lakoće korišćenja, već i iz uverenja da je može smisljeno i efikasno uklopiti u nastavni proces i predmetni kontekst. U tom smislu, TPCK se potvrđuje kao značajan teorijski most između opštih modela prihvatanja tehnologije i specifičnih zahteva nastavne prakse.

Treće, studija uvodi i empirijski potvrđuje koncept strukture namere korišćenja na dva nivoa, koja obuhvata nameru korišćenja računara na nižem (tradicionalnom) i višem (inovativnom, učenički usmerenom) nivou primene. Nalazi ukazuju da se ova dva oblika namere ne mogu posmatrati kao jednodimenzionalni ili međusobno nezavisni ishodi. Naprotiv, namera korišćenja na nižem nivou deluje kao tranziciona faza i značajan posredujući mehanizam u razvoju namere korišćenja na višem nivou. Ovakva hijerarhijska organizacija namere pruža snažan argument za napuštanje binarnog pristupa prihvatanju tehnologije („koristi / ne koristi”) i za uvođenje razvojne perspektive u teorijsko modeliranje.

Sa teorijskog stanovišta, ovi nalazi doprinose integraciji TAM i TPCK pristupa, pokazujući da se prihvatanje tehnologije u nastavi matematike ne može adekvatno objasniti isključivo percepcijama korisnosti i lakoće korišćenja. Umesto toga, prihvatanje se oblikuje kroz složenu interakciju perceptivnih, afektivnih i kompetencijskih faktora, pri čemu struktura namere korišćenja na dva nivoa predstavlja ključni organizacioni okvir ovih odnosa.

Posmatrani iz perspektive novijih istraživanja prihvatanja veštačke inteligencije u obrazovanju, dobijeni nalazi dodatno potvrđuju relevantnost osnovnih

mehanizama prihvatanja tehnologije. Dobijeni rezultati u ovom istraživanju u skladu su sa nalazima studija koje pokazuju da percipirana korisnost predstavlja najznačajniji prediktor namere korišćenja, dok lakoća korišćenja ima indirektan uticaj kroz oblikovanje percepcije korisnosti (Kong et al., 2024; Ma & Lei, 2024). Slično tome, rezultati novijih analiza ukazuju da osnovni odnosi unutar TAM modela ostaju stabilni i u kontekstu primene veštačke inteligencije u obrazovanju (Xue et al., 2026). Istovremeno, istraživanja naglašavaju značaj dodatnih faktora, kao što su digitalna pismenost, motivacija i pedagoška uverenja nastavnika, što ukazuje na potrebu za proširivanjem klasičnih modela prihvatanja tehnologije (Li et al., 2024; Cabero-Almenara et al., 2024).

Na kraju, predloženi model doprinosi široj teorijskoj raspravi o prihvatanju obrazovnih tehnologija, ukazujući da je u pedagoškim kontekstima neophodno razlikovati različite nivoe i oblike namere primene. Ovaj uvid ima implikacije za buduća istraživanja i dalje razvijanje modela prihvatanja tehnologije koji su osetljivi na specifičnosti nastavnih predmeta i obrazovnih ciljeva. U kontekstu sve intenzivnije integracije veštačke inteligencije u obrazovanje, dobijeni nalazi dodatno ukazuju na potrebu proširivanja postojećih modela kako bi se obuhvatili etički, institucionalni i kompetencijski aspekti primene AI sistema u nastavi (OECD, 2023; UNESCO, 2023). U tom smislu, rezultati ove studije predstavljaju korak ka razvoju sveobuhvatnijih modela prihvatanja tehnologije prilagođenih savremenim izazovima digitalnog obrazovanja.

4.6 Praktične i pedagoške implikacije

Nalazi ove studije imaju jasne i višeslojne implikacije za praksu inicijalnog obrazovanja nastavnika, stručno usavršavanje, kao i za planiranje institucionalne podrške integraciji IKT-a u nastavi matematike. Polazeći od utvrđene strukture odnosa između percepcija, stavova, kompetencija i namere korišćenja tehnologije, praktične preporuke mogu se formulisati kroz nekoliko međusobno povezanih prioriteta.

4.6.1 Fokus na razvoj tehnološko-pedagoškog znanja sadržaja (TPCK)

Rezultati jasno pokazuju da tehnološko-pedagoško znanje sadržaja matematike ima centralnu ulogu u procesu prihvatanja tehnologije. TPCK se izdvaja kao najjači direktni prediktor namere korišćenja računara na nižem nivou i istovremeno značajan prediktor namere na višem nivou primene, pri čemu ima i važnu posredujuću ulogu u prelasku ka inovativnijoj praksi.

Ovi nalazi ukazuju da programi obrazovanja nastavnika ne bi trebalo da budu organizovani oko izolovanog usvajanja digitalnih alata ili opštih IKT veština. Umesto toga, težište treba da bude na razvoju nastavnih scenarija koji integrišu:

- konkretan matematički sadržaj,
- odgovarajuće pedagoške strategije,
- digitalne alate kao sredstvo, a ne cilj,
- i oblike formativnog i sumativnog ocenjivanja.

Ovakva orijentacija je u skladu sa TPACK/TPACK okvirom (Mishra & Koehler, 2006; Niess et al., 2009), kao i sa rezultatima prethodnih istraživanja u kontekstu nastave matematike (Milutinović, 2016a, 2025; Teo & Milutinović, 2015). Praktično, to znači da budući nastavnici moraju imati priliku da vide, analiziraju i sami osmišljavaju pedagoški smislene primere upotrebe tehnologije u nastavi matematike, a ne samo da uče „kako alat funkcioniše”.

4.6.2 Građenje pozitivnih stavova kroz smislenu i uspešnu upotrebu tehnologije

Stavovi prema upotrebi računara pokazali su se kao stabilan i snažan prediktor namere korišćenja, kako direktno, tako i posredno, preko namere korišćenja na nižem nivou. Ovaj nalaz potvrđuje da afektivna komponenta prihvatanja tehnologije ima ključnu ulogu u aktiviranju i održavanju namere za primenu IKT-a.

U programima inicijalnog obrazovanja i stručnog usavršavanja nastavnika posebnu pažnju treba posvetiti stvaranju pozitivnih iskustava sa tehnologijom. Pozitivni stavovi ne mogu se razviti deklarativnim usvajanjem znanja o digitalnim alatima, već kroz iskustva u kojima upotreba tehnologije ima jasan pedagoški smisao i dovodi do vidljivih dobiti — bilo u razumevanju matematičkih pojmova, angažovanju učenika ili organizaciji nastave. Istraživanja pokazuju da upravo uspešna i smisljena iskustva sa tehnologijom doprinose stabilizaciji pozitivnih stavova (Ertmer, 2005; Teo, 2010; Milutinović, 2016a).

Zbog toga je važno da programi obrazovanja nastavnika uključuju aktivnosti koje omogućavaju postepeno sticanje pozitivnih iskustava u primeni tehnologije, umesto neposrednog uvođenja složenih i pedagoški nedovoljno osmišljenih tehnoloških rešenja.

4.6.3 Smanjivanje percipirane tehnološke kompleksnosti

Jedan od najjačih odnosa u modelu odnosi se na negativan uticaj tehnološke kompleksnosti na doživljaj lakoće korišćenja. Ovaj nalaz ukazuje da percipirana složenost tehnologije predstavlja jednu od ključnih prepreka u procesu njenog prihvatanja.

Prilikom planiranja programa podrške integraciji IKT-a u nastavi matematike važno je voditi računa o tome da tehnologija nastavnicima bude predstavljena kao pristupačna, razumljiva i pedagoški korisna. U tom cilju preporučljivo je:

- koristiti ograničen broj pažljivo odabranih alata;
- obezbediti jasne instrukcije i strukturiranu podršku;
- redukovati nepotrebno kognitivno i organizaciono opterećenje;
- omogućiti postepeno uvođenje složenijih funkcionalnosti i nastavnih scenarija.

Ovakav pristup je u skladu sa nalazima da nastavnici ne odustaju od tehnologije zbog njene objektivne složenosti, već zbog percepcije da je njena primena previše zahtevna u odnosu na očekivane koristi (Sime & Priestley, 2005; Wachira & Keengwe, 2011; Milutinović, 2022).

4.6.4 Jačanje socijalne podrške kao indirektnog mehanizma prihvatanja

Iako subjektivna norma nije direktno uticala na nameru korišćenja tehnologije, njeni značajni efekti na doživljaj korisnosti i lakoće korišćenja ukazuju na važnu ulogu socijalnog konteksta. Podrška značajnih drugih — kolega, mentora, rukovodstva škola i profesionalne zajednice — deluje kao mehanizam koji normalizuje upotrebu tehnologije i olakšava njeno kognitivno i afektivno prihvatanje.

Škole i obrazovne institucije mogu podstaći prihvatanje tehnologije sistematskim razvijanjem kulture podrške u nastavničkim kolektivima kroz:

- zajednice prakse;
- mentorske programe;
- deljenje primera dobre prakse;
- institucionalno prepoznavanje i podsticanje pedagoški smislene upotrebe IKT-a.

Ovi nalazi su u skladu sa prethodnim istraživanjima koja pokazuju da socijalni uticaj ima najveći efekat upravo u ranim fazama prihvatanja tehnologije (Venkatesh & Davis, 2000; Teo et al., 2008; Milutinović & Đorđević, 2025).

4.6.5 Infrastruktura kao neophodan, ali ne i dovoljan uslov

Činjenicu da olakšavajući uslovi nemaju statistički značajan direktan uticaj na nameru korišćenja ne treba tumačiti kao dokaz da infrastruktura i resursi nisu važni. Naprotiv, ovi rezultati ukazuju da infrastruktura sama po sebi ne generiše nameru za upotrebu tehnologije, ukoliko nije praćena razvojem kompetencija, stavova i pedagoške smislenosti njene primene.

Ovaj nalaz ukazuje da ulaganja u tehničke resurse treba posmatrati kao deo širereg sistema podrške integraciji tehnologije u nastavu. Pored obezbeđivanja odgovarajuće infrastrukture, neophodno je istovremeno ulagati u razvoj nastavničkih kompetencija, pedagošku podršku i stvaranje uslova za smislenu primenu tehnologije u nastavnom procesu (Lim & Khine, 2006; Tondeur et al., 2021; Milutinović, 2020).

U suprotnom, postoji rizik da tehnologija ostane formalno dostupna, ali da njen pedagoški potencijal ne bude u potpunosti ostvaren.

4.7 Ograničenja i pravci budućih istraživanja

Iako ova monografija predstavlja metodološki i teorijski proširenu analizu prihvatanja IKT-a u nastavi matematike — uključujući različite grupe ispitanika (buduće učitelje, buduće nastavnike matematike i nastavnike iz prakse), kao i primenu višegrupnog strukturnog modeliranja — neophodno je ukazati na određena ograničenja koja treba imati u vidu prilikom interpretacije dobijenih nalaza.

Prvo, podaci su prikupljeni putem instrumenata zasnovanih na samoizveštajima, što predstavlja uobičajeno, ali metodološki osetljivo rešenje u istraživanjima prihvatanja tehnologije. Iako su preduzete mere za smanjenje uticaja uobičajene varijanse metode (npr. jasna konceptualna diferencijacija konstrukata i provera validnosti modela merenja), ne može se u potpunosti isključiti mogućnost da su pojedini odnosi blago precenjeni usled subjektivnih procena ispitanika. Ovo ograničenje je posebno relevantno u kontekstu namere korišćenja tehnologije, koja ne mora uvek da se u potpunosti poklopi sa stvarnim ponašanjem u nastavnoj praksi.

Drugo, konstrukt olakšavajućih uslova (FC) pokazao je nešto niži nivo unutrašnje pouzdanosti u odnosu na ostale konstrukte u modelu. Iako je ova vrednost u granicama prihvatljivosti za konstrukt meren malim brojem stavki, ona može umanjiti osetljivost modela u detekciji suptilnijih efekata institucionalne i tehničke podrške na nameru korišćenja tehnologije. Ovo ograničenje ukazuje na potrebu za daljim preciziranjem i mogućim proširenjem merenja ovog konstrukta u budućim istraživanjima.

Treće, analiza merne invarijantnosti pokazala je da skalarna invarijantnost modela nije u potpunosti potvrđena. Iako ovaj nalaz ne predstavlja metodološki problem za poređenje strukturnih odnosa i testiranje razlika u putanjama između grupa — što je bio primarni cilj ove studije — on ograničava mogućnost direktnog poređenja latentnih srednjih vrednosti između grupa. Stoga, grupne razlike treba tumačiti pre svega na nivou strukturnih odnosa i mehanizama, a ne na nivou latentnih srednjih vrednosti.

Konačno, iako ukupan uzorak obezbeđuje adekvatnu statističku moć za primenu SEM i multigrupnih analiza, grupa nastavnika matematike iz prakse je brojčano manja u odnosu na grupe budućih nastavnika. Ova neravnoteža može dovesti do većih standardnih grešaka i manje stabilnih procena pojedinih strukturnih putanja u ovoj grupi, što zahteva dodatni oprez pri interpretaciji specifičnih grupnih nalaza.

Polazeći od navedenih ograničenja, mogu se identifikovati jasni i metodološki opravdani pravci budućih istraživanja. Pre svega, poželjno je uključivanje objektivnijih indikatora nastavne prakse, kao što su sistematsko posmatranje časova, analiza nastavnih priprema, digitalnih nastavnih materijala ili učeničkih aktivnosti.

Kombinovanje kvantitativnih SEM pristupa sa kvalitativnim podacima omogućilo bi dublje razumevanje odnosa između namere i stvarne primene tehnologije u nastavi matematike.

Dalje, rezultati ove studije snažno ukazuju na potrebu za longitudinalnim istraživanjima koja bi pratila razvoj namere korišćenja tehnologije tokom vremena, posebno u kontekstu prelaza sa namere korišćenja na nižem nivou ka inovativnijim oblicima primene. Ovakva istraživanja bi omogućila empirijsku proveru dinamike tranzicionog mehanizma identifikovanog u ovoj studiji i pružila uvid u faktore koji podstiču ili usporavaju ovaj razvojni proces.

Na kraju, buduća istraživanja mogla bi proširiti predloženi model uključivanjem dodatnih psiholoških i organizacionih promenljivih, kao što su samoeфикаsnost u korišćenju IKT-a, nastavnička uverenja o učenju i podučavanju, profesionalni identitet, kao i aspekti organizacione kulture i liderstva. Ovakva proširenja imaju potencijal da dodatno povećaju objašnjenu varijansu namere korišćenja tehnologije na višem nivou i doprinesu sveobuhvatnijem razumevanju faktora koji podstiču prelaz od tradicionalnih ka inovativnijim oblicima primene tehnologije u nastavi matematike.

V

V ZAKLJUČAK

5.1 Zaključna razmatranja

Oslanjajući se na savremene teorijske okvire prihvatanja tehnologije i tehnološko-pedagoškog znanja sadržaja, ova monografija imala je za cilj da pruži produbljeno razumevanje načina na koji se namere korišćenja IKT-a u nastavi matematike formiraju, strukturiraju i menjaju u zavisnosti od nivoa primene i profesionalnog statusa nastavnika. Dobijeni nalazi omogućavaju da se prihvatanje tehnologije ne posmatra kao jedinstven i statičan ishod, već kao složen, postepen i razvojni proces u kome se prepliću percepcije, stavovi, kompetencije i kontekst nastavne prakse. Ovakvo razumevanje omogućava preciznije sagledavanje mehanizama koji stoje iza razlika između potencijala tehnologije i njene stvarne primene u nastavi.

Jedan od ključnih doprinosa ove studije ogleda se u jasnom empirijskom razdvajanju namere korišćenja računara na nižem i višem nivou primene. Ovakvo konceptualno razlikovanje pokazalo se kao metodološki opravdano i teorijski značajno, jer je omogućilo identifikaciju hijerarhijske strukture namere korišćenja tehnologije. Rezultati sugerišu da nastavnici i budući nastavnici, iako u proseku iskazuju pozitivne stavove i percepcije, značajno lakše i spremnije razvijaju nameru za primenu tehnologije u tradicionalnijim, manje rizičnim i pedagoški manje zahtevnim oblicima. Nasuprot tome, inovativniji oblici primene zahtevaju dodatne kognitivne, afektivne i kompetencijske preduslove, kao i viši stepen profesionalne sigurnosti nastavnika. Ovaj nalaz ukazuje da se razvoj inovativne prakse ne može očekivati kao neposredna posledica uvođenja tehnologije, već kao rezultat postepenog i sistematskog procesa profesionalnog razvoja.

U tom kontekstu, centralnu ulogu u modelu ima percipirano tehnološko-pedagoško znanje sadržaja matematike. TPCK se pokazao kao najsnažniji i najkonzistentniji prediktor namere korišćenja na nižem nivou, ali i kao značajan direktan i indirektan prediktor namere korišćenja na višem nivou. Ovi rezultati jasno upućuju na to da prihvatanje tehnologije u nastavi matematike ne zavisi primarno od tehničkih aspekata, već od njene pedagoške opravdanosti i profesionalne sigurnosti nastavnika u integraciji tehnologije sa matematičkim sadržajem i nastavnim ciljevima. Praktično posmatrano, ovo znači da razvoj tehničkih veština sam po sebi nije dovoljan, već da je neophodno sistematski podsticati sposobnost nastavnika da tehnologiju osmisle u skladu sa konkretnim nastavnim situacijama.

Posebno značajan doprinos monografije odnosi se na identifikaciju namere korišćenja na nižem nivou kao tranzicionog mehanizma ka inovativnijim oblicima

primene tehnologije. Potvrđena veza između BIT i BIC ukazuje da se prelaz ka složenijim, učenički usmerenim i konstruktivistički orijentisanim praksama ne dešava naglo, već postepeno, kroz stabilizaciju osnovne namere i samopouzdanja u korišćenju tehnologije. Na taj način, BIT funkcioniše kao posredujući mehanizam između stavova i uverenja, s jedne strane, i složenije nastavne prakse s druge. Ovaj nalaz ima važnu implikaciju za obrazovanje nastavnika, jer ukazuje da razvoj inovativne nastavne prakse zahteva fazni pristup, u kome se napredovanje zasniva na postepenom jačanju sigurnosti i iskustva.

Uloga stavova prema upotrebi računara dodatno osvetljava afektivnu dimenziju prihvatanja tehnologije. Stavovi se pokazuju kao stabilan prediktor obe dimenzije namere, pri čemu njihov uticaj nije ograničen na direktne efekte, već se ostvaruje i posredno, kroz tranzicionu ulogu BIT. Dobijeni nalazi upućuju na to da pozitivan odnos prema tehnologiji ne predstavlja prolazni motiv, već ključni element koji održava i podstiče razvoj namere kroz različite nivoe primene. U praktičnom smislu, ovo znači da intervencije usmerene isključivo na tehničku obuku nastavnika imaju ograničen domet ukoliko nisu praćene iskustvima koja grade pozitivan emocionalni odnos prema upotrebi tehnologije.

Istovremeno, rezultati potvrđuju osnovne pretpostavke TAM modela u obrazovnom kontekstu, ali ih i značajno proširuju. Doživljaj lakoće korišćenja i doživljaj korisnosti ostvaruju snažan uticaj na formiranje stavova, kao i međusobnu povezanost, ali ne ostvaruju direktan uticaj na namere korišćenja. Ovakva struktura odnosa ukazuje da kognitivne percepcije same po sebi nisu dovoljne za formiranje stabilne namere, već da svoju ulogu ostvaruju kroz afektivne i kompetencijske mehanizme. Ovo dodatno naglašava potrebu za integrativnim pristupima koji istovremeno obuhvataju znanje, stavove i iskustvo nastavnika.

Socijalni kontekst, predstavljen kroz subjektivnu normu, ima značajnu, ali pre svega indirektnu ulogu. Podrška značajnih drugih ne deluje kao direktan pokretač namere, već kao faktor koji oblikuje percepcije korisnosti i lakoće korišćenja, čime doprinosi stvaranju povoljnijeg kognitivnog i afektivnog okvira za prihvatanje tehnologije. Nasuprot tome, tehnološka kompleksnost se izdvaja kao snažan inhibitor doživljaja lakoće korišćenja, čime posredno utiče na stavove i namere. Ovi rezultati ukazuju na značaj smanjenja percipirane složenosti tehnologije kroz jasno strukturirane i pedagoški relevantne primere njene primene, kao i na potrebu da se dizajn digitalnih alata prilagodi nastavnom kontekstu.

Višegrupna analiza pokazala je da je osnovna struktura modela stabilna između budućih učitelja, budućih nastavnika matematike i nastavnika iz prakse, što ukazuje na široku primenljivost predloženog okvira u različitim fazama profesionalnog razvoja. Istovremeno, uočene varijacije u pojedinim putanjama ukazuju da intenziteti odnosa zavise od konkretnog konteksta rada, iskustva i realnih uslova nastavne prakse. Ovo upućuje na potrebu za kontekstualno osjetljivim pristupima u obrazovanju nastavnika, koji uvažavaju specifičnosti različitih obrazovnih nivoa i institucionalnih okruženja.

Ukupno posmatrano, rezultati ove monografije pokazuju da put od stavova do prakse nije ni linearan ni jednodimenzionalan, već predstavlja postepen razvojni proces u kome se prepliću percepcije, stavovi, kompetencije i kontekst nastavne prakse. U tom procesu, razvoj inovativne prakse oslanja se na postepeno jačanje namere, pedagošku smislenost i profesionalnu sigurnost nastavnika. Ovakvo razumevanje ima značajne implikacije kako za teorijsko modeliranje, tako i za dizajn inicijalnog obrazovanja i stručnog usavršavanja nastavnika.

Konačno, dobijeni nalazi otvaraju prostor za buduća istraživanja usmerena na praćenje razvojnih puteva prihvatanja tehnologije tokom vremena, kao i na ispitivanje efekata različitih intervencija u obrazovanju nastavnika. Posebno je važno da se buduća istraživanja fokusiraju na mehanizme prelaska od tradicionalnih ka inovativnim oblicima nastave, kako bi se obezbedilo dublje razumevanje uslova pod kojima tehnologija može postati smislen, održiv i pedagoški vredan deo nastavne prakse.

LITERATURA

- Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 50(2), 179–211. [https://doi.org/10.1016/0749-5978\(91\)90020-T](https://doi.org/10.1016/0749-5978(91)90020-T)
- Anderson R. (2008). Implications of the information and knowledge society for education. In J. Voogt & G. Knezek (Eds), *International Handbook of Information Technology in Primary and Secondary Education*, pp. 5–22. New York: Springer. https://doi.org/10.1007/978-0-387-73315-9_1
- Angeli, C., & Valanides, N. (2009). Epistemological and methodological issues for the conceptualization, development, and assessment of ICT-TPCK: advances in technological pedagogical content knowledge (TPCK). *Computers & Education*, 52(1), 154–168. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2008.07.006>
- Association of Mathematics Teacher Educators (AMTE) (2006). *Preparing teachers to use technology to enhance the learning of mathematics*. AMTE.
- Association of Mathematics Teacher Educators (AMTE) (2017). *Standards for preparing teachers of mathematics*. AMTE.
- Barak, M. (2014). Closing the Gap Between Attitudes and Perceptions About ICT-Enhanced Learning Among Pre-service STEM Teachers. *Journal of Science Education and Technology*, 23(1), 1–14. <https://doi.org/10.1007/s10956-013-9446-8>
- Benbasat, I., & Barki, H. (2007). Quo vadis TAM?. *Journal of the association for information systems*, 8(4), 211–218.
- Bennison, A., & Goos, M. (2010). Learning to teach mathematics with technology: A survey of professional development needs, experiences and impacts. *Mathematics Education Research Journal*, 22(1), 31–56. <https://doi.org/10.1007/BF03217558>
- Boomsma, A. (1985). The robustness of LISREL against small sample sizes in factor analysis models. In: Jöreskog & Wold (Eds.), *Systems Under Indirect Observation*, North Holland.
- Byrne, B. M. (2016). *Structural Equation Modeling with AMOS* (3rd ed.). New York: Routledge.
- Cabero-Almenara, J., Palacios-Rodríguez, A., Loaiza-Aguirre, M. I., & Rivas-Manzano, M. d. R. d. (2024). Acceptance of Educational Artificial Intelligence by Teachers and Its Relationship with Some Variables and Pedagogical Beliefs. *Education Sciences*, 14(7), 740. <https://doi.org/10.3390/educsci14070740>
- Chang, C. C., Yan, C. F. & Tseng, J. S. (2012). Perceived convenience in an extended technology acceptance model: Mobile technology and English learning for college students. *Australasian Journal of Educational Technology*, 28(5), 809–826. <https://doi.org/10.14742/ajet.818>
- Chen, F. F. (2007). Sensitivity of goodness of fit indexes to lack of measurement invariance. *Structural Equation Modeling*, 14(3), 464–504. <https://doi.org/10.1080/10705510701301834>

- Cheung, G. W., & Rensvold, R. B. (2002). Evaluating Goodness-of-Fit Indexes for Testing Measurement Invariance. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, 9(2), 233–255. https://doi.org/10.1207/S15328007SEM0902_5
- Cheung, R., & Vogel, D. (2013). Predicting user acceptance of collaborative technologies: An extension of the technology acceptance model for e-learning. *Computers & Education*, 63, 160–175. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.12.003>
- Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly*, 13(3), 319–340. <https://doi.org/10.2307/249008>
- Davis, F. D., Bagozzi, R. P., & Warshaw, P. R. (1989). User acceptance of computer technology: A comparison of two theoretical models. *Management Science*, 35(8), 982–1003. <https://doi.org/10.1287/mnsc.35.8.982>
- De Vellis, R. (2003). *Scale development: Theory and applications* (2nd ed.). Thousand Oaks, California: Sage.
- Delen, E., & Bulut, O. (2011). The Relationship Between Students' Exposure to Technology and Their Achievement in Science and Math. *Turkish Online Journal of Educational Technology – TOJET*, 10(3), 311–317.
- Dimitrijević, S., Popović, B., & Stanić, M. (2012). Computer use in mathematics teaching – overview of the situation in Serbia. *Croatian journal of education – hrvatski časopis za odgoj i obrazovanje*, 14, 387–415.
- Dorđević, S., Milutinović, V. (2019). Predviđanje ocena studenata korišćenjem veštačkih neuronskih mreža. *Uzdanica*, XVI(2), 193–205.
- Dorđević, S., Milutinović, V. (2021). Primena kriptografskog modela zaštite podataka u grupnom radu studenata. *Uzdanica*, XVIII(2), 273–288.
- Doukakis, S., Chionidou-Moskofoglou, M., Mangina-Phelan, E., & Roussos, P. (2010). Researching technological and mathematical knowledge (TCK) of undergraduate primary teachers. *International Journal of Technology Enhanced Learning*, 2(4), 372–382. <https://doi.org/10.1504/IJTEL.2010.035739>
- Drent, M., & Meelissen, M. (2008). Which factors obstruct or stimulate teacher educators to use ICT innovatively? *Computers & Education*, 51(1), 187–199. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2007.05.001>
- Ertmer, P. A. (2005). Teacher Pedagogical Beliefs: The Final Frontier in Our Quest for Technology Integration? *Educational Technology Research and Development*, 53(4), 25–39. <https://doi.org/10.1007/BF02504683>
- European Commission (2002). *eEurope 2005: An Information Society for All*. Brussels: European Commission.
- European Commission (2022). *Digital education action plan (2021–2027)*. European Commission.
- Fishbein, M., & Ajzen, I. (1975). *Belief, attitude, intention and behavior: An introduction to theory and research*. Reading, MA: Addison-Wesley.
- Fornell, C., & Larcker, D. F. (1981). Evaluating structural equation models with unobservable variables and measurement error. *Journal of Marketing Research*, 48, 39–50. <https://doi.org/10.1177/002224378101800104>
- Hair, J. F., Jr., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2010). *Multivariate data analysis* (seventh ed.). New Jersey: Prentice-Hall International.

- Handal, B., Cavanagh, M., Wood, L., & Petocz, P. (2011). Factors leading to the adoption of a learning technology: The case of graphics calculators. *Australasian Journal of Educational Technology*, 27(2), 343–360. <https://doi.org/10.14742/ajet.974>
- Hermans, R., Tondeur, J., Van Braak, J., & Valcke, M. (2008). The Impact of Primary School Teachers' Educational Beliefs on The Classroom Use of Computers. *Computers & Education*, 51(4), 1499–1509. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2008.02.001>
- Hoyle, R. H. (2011). *Structural equation modeling for social and personality psychology*. London: Sage Publications.
- Hoyles, C., & Lagrange, J.-B. (Eds.) (2010). *Mathematics Education and Technology-Rethinking the Terrain: The 17th ICMI Study*. New York: Springer.
- Hu, L., & Bentler, P. M. (1999). Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis: conventional criteria versus new alternatives. *Structural Equation Modeling*, 6(1), 1–55. <https://doi.org/10.1080/10705519909540118>
- Hu, P. J., Clark, T. H. K., & Ma, W. W. (2003). Examining technology acceptance by school teachers: a longitudinal study. *Information and Management*, 41(2), 227–241. [https://doi.org/10.1016/S0378-7206\(03\)00050-8](https://doi.org/10.1016/S0378-7206(03)00050-8)
- International Society for Technology in Education (ISTE) (2017a). *ISTE Standards: For Students*. ISTE.
- International Society for Technology in Education (ISTE) (2017b). *ISTE standards: For educators*. ISTE.
- Jan, A. U., & Contreras, V. (2011). Technology acceptance model for the use of information technology in universities. *Computers in Human Behavior*, 27(2), 845–851. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2010.11.009>
- Jonassen, D. H. (2000). *Computers as Mindtools for Schools* (2nd edition). Upper Saddle River, NJ: Merrill.
- Joubert, M. (2013). Using digital technologies in mathematics teaching: developing an understanding of the landscape using three 'grand challenge' themes. *Educational Studies in Mathematics*, 82(3), 341–359. <https://doi.org/10.1007/s10649-012-9430-x>
- Kelman, H. C. (1958). Compliance, identification, and internalization: Three processes of attitude change? *Journal of Conflict Resolution*, 2(1), 51–60. <https://doi.org/10.1177/002200275800200106>
- Kiraz, E., & Ozdemir, D. (2006). The relationship between educational ideologies and technology acceptance in pre-service teachers. *Educational Technology and Society*, 9(2), 152–165.
- Klem, L. (2000). Structural equation modeling. In L. G. Grimm & P. R. Yarnold (Eds.), *Reading and understanding MORE multivariate statistics* (pp. 227–260). American Psychological Association.
- Kline, R. B. (2016). *Principles and Practice of Structural Equation Modeling* (4th ed.). New York: Guilford Press.
- Kong, S. C., Yang, Y., & Hou, C. (2024). Examining teachers' behavioural intention of using generative artificial intelligence tools for teaching and learning based on the extended technology acceptance model. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 7, 100328. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2024.100328>

- Kyriazos, T. A. (2018). Applied psychometrics: Sample size and sample power considerations in factor analysis (EFA, CFA) and SEM in general. *Psychology*, 9(8), 2207–2230. <https://doi.org/10.4236/psych.2018.98126>
- Legrís, P., Ingham, J., & Colletette, P. (2003). Why Do People Use Information Technology? A Critical Review of the Technology Acceptance Model. *Information & Management*, 40(3), 191–204. [https://doi.org/10.1016/S0378-7206\(01\)00143-4](https://doi.org/10.1016/S0378-7206(01)00143-4)
- Li, W., Zhang, X., Li, J., Yang, X., Li, D., & Liu, Y. (2024). An explanatory study of factors influencing engagement in AI education at the K-12 Level: an extension of the classic TAM model. *Scientific Reports*, 14(1), 13922. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-64363-3>
- Lim, C. P., & Khine, M. S. (2006). Managing teachers' barriers to ICT integration in Singapore schools. *Journal of Technology and Teacher Education*, 14(1), 97–125.
- Ma, S., & Lei, L. (2024). The factors influencing teacher education students' willingness to adopt artificial intelligence technology for information-based teaching. *Asia Pacific Journal of Education*, 44(1), 94–111. <https://doi.org/10.1080/02188791.2024.2305155>
- Ma, W. W.-k., Andersson, R. and Streith, K.-O. (2005). Examining user acceptance of computer technology: an empirical study of student teachers. *Journal of Computer Assisted Learning*, 21(6), 387–395. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2005.00145.x>
- Maddux, C. D., Johnson, D. L., & Willis, J. W. (1997). *Educational computing: Learning with tomorrow's technologies*. Boston: Allyn & Bacon.
- Malhotra, Y., & Galletta, D. F. (1999). Extending the technology acceptance model to account for social influence: Theoretical bases and empirical validation. In *Proceedings of the 32nd annual Hawaii international conference on systems sciences*. 1999. HICSS-32. Abstracts and CD-ROM of full papers (pp. 14–pp). IEEE.
- Mandić, D. (2023). Report on smart education in the Republic of Serbia. In: R. Zhuang et al. (Eds.), *Smart Education in China and Central & Eastern European Countries. Lecture Notes in Educational Technology* (pp. 271–291). Springer.
- Mandić, D., Mišević, G., & Ristić, M. (2025). Teachers' perspectives on the use of interactive educational avatars: Insights from non-formal training contexts. *Research in Pedagogy*, 15(1), 115–124. <https://doi.org/10.5937/IstrPed2501115M>
- Mardia, K. V. (1970). Measures of multivariate skewness and kurtosis with applications. *Biometrika*, 57(3), 519–530. <https://doi.org/10.1093/biomet/57.3.519>
- Mathieson, K. (1991). Predicting user intentions: comparing the technology acceptance model with the theory of planned behavior. *Information systems research*, 2(3), 173–191. <https://doi.org/10.1287/isre.2.3.173>
- McDonald, R. P., & Ho, R. H. (2002). Principles and practice in reporting structural equation analyses. *Psychological Methods*, 7(1), 64–82. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/1082-989X.7.1.64>
- Milenković, A., Ostojić, D., Rajković, D., & Milikić, M. (2026). STEM workshops and students' interest in mathematics, physics, and computer science: Machine learning approach. *International Journal of Instruction*, 19(1), 367–386. <https://doi.org/10.29333/iji.2026.19118a>
- Milenković, A., & Stevanić, J. (2025). Integrating Cooperative Learning in Distance Education for Methodology of Teaching Mathematics Course. *Pedagogika – Pedagogy*, 97(2). <https://doi.org/10.53656/ped2025-2.06>

- Milikić, M. P., Maričić, S. M., & Vulović, N. R. (2022). Primena softvera GeoGebra pri formiranju pojma obima figure u mlađim razredima osnovne škole. *Zbornik radova Pedagoškog fakulteta Užice*, 24, 127–140. <https://doi.org/10.5937/ZRPFU2224127M>
- Milutinović, V. (2026). Modelovanje prihvatanja IKT-a u obrazovanju od strane budućih učitelja – kompetencije, percepcije i podrška / Modelling Pre-service Teachers' ICT Adoption in Education: Competencies, Perceptions, and Support. In I. Radovanović, Z. Začlona, & I. Visković (Eds.), *Digital technologies in education – possibilities and limitations* (pp. 38–58). Beograd, Srbija: Univerzitet u Beogradu, Fakultet za obrazovanje učitelja i vaspitača; Poljska: Državni univerzitet primenjenih nauka u Novom Sonču; Hrvatska: Univerzitet u Splitu, Filozofski fakultet. <https://doi.org/10.5937/int-themed-bg25056M>
- Milutinović, V. (2016a). An exploration of acceptance of innovative computer use in teaching mathematics among pre-service class teachers and mathematics teachers. *Zbornik Instituta za pedagoška istraživanja*, 48(2), 339–366. <https://doi.org/10.2298/ZIP11602339M>
- Milutinović, V. (2016b). Modeling the Acceptance of the Computer Use in Teaching, In J. Teodorović (Ed.), *Proceedings of International scientific conference Improving quality of education in elementary schools* (pp. 249–264). Belgrade: Institute for Educational Research, Institute for Improvement of Education; Jagodina: Faculty of Education, University of Kragujevac.
- Milutinović, V. (2016v). Faktori koji utiču na nameru budućih učitelja da koriste računar u nastavi. *Uzdanica*, XIII(2), 97–115.
- Milutinović, V. (2020). Examining the Digital Competencies of Pre-service Teachers. In V. Savić, & O. Cekić-Jovanović (Eds.), *Professional competences for teaching in the 21st century*. Jagodina: Faculty of Education. ISBN 978-86-7604-194-7, <https://doi.org/10.46793/pctja.19.373M>
- Milutinović, V. (2022). Examining the influence of pre-service teachers' digital native traits on their technology acceptance: A Serbian perspective. *Education and Information Technologies*, 27(5), 6483–6511. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-10887-y>
- Milutinović, V. (2024a). An Iterative Algorithm for Determining the Greatest Common Divisor of Two or More Univariate Polynomials. *Mathematics and Informatics*, 67(4), 392–405. <https://doi.org/10.53656/math2024-4-3-ani>
- Milutinović, V. (2024b). Unlocking the code: Exploring predictors of future interest in learning computer programming among primary school boys and girls. *International Journal of Human–Computer Interaction*, 1–18. <https://doi.org/10.1080/10447318.2024.2331877>
- Milutinović, V. (2025). Unpacking the relationship between AI competences, intelligent ethical TPACK, and factors influencing AI adoption in pre-service teachers: A comprehensive model. *Education and Information Technologies*. <https://doi.org/10.1007/s10639-025-13786-0>
- Milutinović, V., & Đorđević, S. (2019). *Programiranje u Pajtonu sa zadacima za vežbanje*. Jagodina: Fakultet pedagoških nauka Univerziteta u Kragujevcu. ISBN 978-86-7604-180-0
- Milutinović, V., & Đorđević, S. (2025). Determinants Influencing Pre-Service Teachers' Intentions Toward Future Integration of Online Teaching. In: D. Mandić, S. Blagdanić, & I. Nikolić (Eds.), *Education Through the COVID-19 Pandemic: Vol. One: Pedagogical*,

- Didactic and Methodological Aspects*. ISBN 978-86-7849-342-3. Vol. 1, 108–131. (ISBN 978-86-7849-341-6)
- Milutinović, V., & Mandić, D. (2022). Predicting teachers' acceptance to use computers at traditional and innovative levels in teaching mathematics in Serbia. *Inovacije u nastavi*, XXXV(2), 71–88. <https://doi.org/10.5937/inovacije2202071M>
- Milutinović, V., Đorđević, S., & Mandić, D. (2025). Cryptography in Organizing Online Collaborative Math Problem Solving. *International Journal of Cognitive Research in Science, Engineering and Education (IJCRSEE)*, 13(1), 191–206. <https://doi.org/10.23947/2334-8496-2025-13-1-191-206>
- Milutinović, V., Đorđević, S., & Obradović, I. (2025). Factors Shaping the Adoption of Artificial Intelligence in Education. *Metodička teorija i praksa*, 28(1), 7–30. <https://doi.org/10.5937/metpra28-56242>
- Milutinović, V., Obradović, I., & Đorđević, S. (2025). Boosting motivation: how gamification inspires primary school students to learn coding. *Educational Studies*, 1–27. <https://doi.org/10.1080/03055698.2025.2511928>
- Milutinović, V., Obradović, I., & Đorđević, S. (2026). Key Drivers of Primary Pre-Service Teachers' TPACK Development and Technology Adoption in STEM Education: Insights from Collaborative E-Learning. *Pedagogika – Pedagogy*, 98(3), 417–435. <https://doi.org/10.53656/ped2026-3.07>
- Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije (2020). Program nastave i učenja za prvi ciklus osnovnog obrazovanja i vaspitanja: Predmet Digitalni svet. *Službeni glasnik RS – Prosvetni glasnik*, br. 11/20, 7/21 i 10/22.
- Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije (2017–2020). Program nastave i učenja za drugi ciklus osnovnog obrazovanja i vaspitanja: Predmet Informatika i računarstvo. *Službeni glasnik RS – Prosvetni glasnik*, br. 5/17, 11/18, 16/19 i 11/20.
- Mishra, P., & Koehler, M. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *The Teachers College Record*, 108(6), 1017–1054. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x>
- Motaghian, H., Hassanzadeh, A., & Moghadam, D. K. (2013). Factors affecting university instructors' adoption of web-based learning systems: Case study of Iran. *Computers & Education*, 61, 158–167. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.09.016>
- National Council of Teachers of Mathematics (2014). *Principles to actions: Ensuring mathematical success for all*. NCTM.
- Niess M. L. (2005). Preparing teachers to teach science and mathematics with technology: Developing a technology pedagogical content knowledge. *Teaching and Teacher Education*, 21(5), 509–523. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2005.03.006>
- Niess, M. (2007). Developing teacher's TPACK for teaching mathematics with spreadsheets. In *Society for information technology & teacher education international conference* (pp. 2238–2245). Association for the Advancement of Computing in Education (AACE).
- Niess, M. L., Ronau, R. N., Shafer, K. G., Driskell, S. O., Harper S. R., Johnston, C., Browning, C., Özgün-Koca, S. A., & Kersaint, G. (2009). Mathematics teacher TPACK standards and development model. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 9(1), 4–24.

- OECD (2023). *OECD digital education outlook 2023: Towards an effective digital education ecosystem*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/c74f03de-en>
- OECD (2026). *OECD digital education outlook 2026: Exploring effective uses of generative AI in education*. OECD Publishing.
- Park, S. Y. (2009). An Analysis of the Technology Acceptance Model in Understanding University Students' Behavioral Intention to Use e-Learning. *Educational Technology & Society*, 12(3), 150–162.
- Pierce, R., & Ball, L. (2009). Perceptions that may affect teachers' intention to use technology in secondary mathematics classes. *Educational Studies in Mathematics*, 71(3), 299–317. <https://doi.org/10.1007/s10649-008-9177-6>
- Prošić-Santovac, D., Savić, V., & Milutinović, V. (2021). Stavovi univerzitetskih studenata prema učenju gramatike engleskog jezika u multimedijalnom okruženju. *Zbornik radova Filozofskog fakulteta u Prištini*, 51(1), 339–364. DOI: <https://doi.org/10.5937/zrffp51-27255>
- Pynoo, B., Tondeur, J., Braak, J. V., Duyck, W., Sijnave, B., & Duyck, P. (2012). Teachers' acceptance and use of an educational portal. *Computers & Education*, 58(4), 1308–1317. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.12.026>
- Raykov, T., & Marcoulides, G. A. (2008). *An introduction to applied multivariate analysis*. New York: Taylor & Francis.
- Reed, H. C., Drijvers, P., & Kirschner, P. A. (2010). Effects of attitudes and behaviours on learning mathematics with computer tools. *Computers & Education*, 55(1), 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2009.11.012>
- Ristić, M., Mandić, D., Stoković, G., Marković, I., & Ristić, J. (2023). *Obrazovanje na daljinu*. Univerzitet u Beogradu, Fakultet za obrazovanje učitelja i vaspitača.
- Russel, M., Bebell, D., O'Dwyer, L., & O'Connor, K. (2003). Examining teacher technology use implications for preservice and inservice teacher preparation. *Journal of Teacher Education*, 54(4), 297–310. <https://doi.org/10.1177/0022487103255985>
- Ruthven, K. (2009). Towards a naturalistic conceptualisation of technology integration in classroom practice: the example of school mathematics. *Education & Didactique*, 3(1), 131–152. <https://doi.org/10.4000/educationdidactique.434>
- Savić, V., Shin, J. K., & Milutinović, V. (2026). Towards Global Competence through Graphic Novels. In P. Férez Mora & Y. Coyle (Eds.), *Pioneering Socio-Critical Approaches in English as a Foreign Language (EFL) Research* (pp. 127–158). IGI Global Scientific Publishing. <https://doi.org/10.4018/979-8-3373-0040-5.ch005>
- Schepers, J. & Wetzels, M. (2007). A meta-analysis of the technology acceptance model: investigating subjective norm and moderation effects. *Information & Management*, 44(1), 90–103. <https://doi.org/10.1016/j.im.2006.10.007>
- Schumacker, R. E., & Lomax, R. G. (2010). *A beginner's guide to structural equation modeling* (3rd ed.). New York: Routledge.
- Shulman L. S. (1986). Those who understand: knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4–14. <https://doi.org/10.3102/0013189X015002004>
- Sime, D., & Priestley, M. (2005). Student teachers' first reflections on ICT in classroom learning: Implications for initial teacher education. *Journal of Computer Assisted Learning*, 21(2), 130–143. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2005.00120.x>

- Stage, F. K., Carter, H. C., & Nora, A. (2004). Path analysis: an introduction and analysis of a decade of research. *The Journal of Educational Research*, 98(1), 5–13. <https://doi.org/10.3200/JOER.98.1.5-13>
- Steiger, J. H. (2007). Understanding the limitations of global fit assessment in structural equation modeling. *Personality and Individual Differences*, 42(5), 893–898. <https://doi.org/10.1016/j.paid.2006.09.017>
- Stevens, J. (1996). *Applied multivariate statistics for the social sciences* (3rd ed.). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Svičević, M., Milenković, A., Vučićević, N., & Stanković, M. (2025). Evaluating the success of AI tools in supporting student performance in Mathematical Kangaroo competition. *Computer Applications in Engineering Education*, 33(4). <https://doi.org/10.1002/cae.70063>
- Taylor, S., & Todd, P. (1995). Understanding information technology usage: a test of competing models. *Information Systems Research*, 6(2), 144–176. <https://doi.org/10.1287/isre.6.2.144>
- Teo, T. (2009a). Examining the relationship between student teachers' self-efficacy beliefs and their intended uses of technology for teaching: a structural equation modelling approach. *The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 8(4), 7–15.
- Teo, T. (2009b). Modelling technology acceptance in education: A study of pre-service teachers. *Computers & Education*, 52(2), 302–312. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2008.08.006>
- Teo, T. (2010). A path analysis of pre-service teachers' attitudes to computer use: applying and extending the technology acceptance model in an educational context. *Interactive Learning Environments*, 18(1), 65–79. <https://doi.org/10.1080/10494820802231327>
- Teo, T. (2011). Factors influencing teachers' intention to use technology: Model development and test. *Computers and Education*, 57(4), 2432–2440. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.06.008>
- Teo, T. (2012). Proposing a model to explain teachers' intention to use technology: Identifying constructs and formulating hypotheses. *International Journal of Information and Communication Technology Education*, 8(3), 22–27. <https://doi.org/10.4018/jicte.2012070103>
- Teo, T. (2014). Unpacking Teachers' Acceptance of Technology: Tests of Measurement Invariance and Latent Mean Differences. *Computers & Education*, 75, 127–135. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.01.014>
- Teo, T., & Milutinovic, V. (2015). Modelling the intention to use technology for teaching mathematics among pre-service teachers in Serbia. *Australasian Journal of Educational Technology*, 31(4), 363–380. <https://doi.org/10.14742/ajet.1668>
- Teo, T., & Noyes, J. (2014). Explaining the intention to use technology among pre-service teachers: a multi-group analysis of the Unified Theory of Acceptance and Use of Technology. *Interactive Learning Environments*, 22(1), 51–66. <https://doi.org/10.1080/10494820.2011.641674>
- Teo, T., & Van Schaik, P. (2009). Understanding technology acceptance among pre-service teachers: a structural equation modeling approach. *The Asia-Pacific Education Researcher*, 18(1), 47–66. <https://doi.org/10.3860/taper.v18i1.1035>

- Teo, T., Lee, C. B., & Chai, C. S. (2008). Understanding pre-service teachers' computer attitudes: applying and extending the Technology Acceptance Model (TAM). *Journal of Computer Assisted Learning*, 24(2), 128–143. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2007.00247.x>
- Teo, T., Milutinović, V., & Zhou, M. (2016). Modelling Serbian pre-service teachers' attitudes towards computer use: A SEM and MIMIC approach. *Computers & Education*, 94, 77–88. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.10.022>
- Teo, T., Milutinović, V., Zhou, M., & Banković, D. (2017). Traditional vs. innovative uses of computers among mathematics pre-service teachers in Serbia. *Interactive Learning Environments*, 25(7), 811–827, <https://doi.org/10.1080/10494820.2016.1189943>
- Thompson, R. L., Higgins, C. A., & Howell, J. M. (1991). Personal computing: toward a conceptual model of utilization. *MIS Quarterly*, 15(1), 124–143. <https://doi.org/10.2307/249443>
- Tondeur, J., Scherer, R., Siddiq, F., & Baran, E. (2020). Enhancing pre-service teachers' technological pedagogical content knowledge (TPACK): A mixed-method study. *Educational Technology Research and Development: ETR & D*, 68(1), 319–343. <https://doi.org/10.1007/s11423-019-09692-1>
- Tondeur, J., Scherer, R., Siddiq, F., & Baran, E. (2021). A comprehensive framework for teachers' digital competence. *Educational Technology Research and Development*, 69, 1–20. <https://doi.org/10.1007/s11423-020-09859-2>
- Tondeur, J., Van Braak, J., & Valcke, M. (2007). Towards a typology of computer use in primary education. *Journal of computer assisted learning*, 23(3), 197–206. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2006.00205.x>
- Tubin, D. (2012). Typology of ICT implementation and technology applications. In *Type II Uses of Technology in Education* (pp. 85–98). Routledge.
- Turner, M., Kitchenham, B., Brereton, P., Charters, S., & Budgen, D. (2010). Does the technology acceptance model predict actual use? A systematic literature review. *Information and Software Technology*, 52(5), 463–479. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2009.11.005>
- UNESCO (2002). *Information and communication technologies in teacher education: A planning guide*. P. Resta (Ed.). Unesco.
- UNESCO. (2023). *Global education monitoring report 2023: Technology in education – A tool on whose terms?* UNESCO.
- Venkatesh, V., & Davis, F. D. (2000). A theoretical extension of technology acceptance model: Four longitudinal field studies. *Management Science*, 46(2), 186–204. <https://doi.org/10.1287/mnsc.46.2.186.11926>
- Venkatesh, V., Morris, M., Davis, G., & Davis, F. (2003). User acceptance of information technology: Toward a unified view. *MIS Quarterly*, 27(3), 425–478. <https://doi.org/10.2307/30036540>
- Venkatesh, V., Thong, J. Y., & Xu, X. (2012). Consumer acceptance and use of information technology: Extending the Unified Theory of Acceptance and Use of Technology 1. *MIS quarterly*, 36(1), 157–178. <https://doi.org/10.2307/41410412>
- Vlada Republike Srbije (2021). Strategija razvoja obrazovanja i vaspitanja u Republici Srbiji do 2030. godine. *Službeni glasnik RS*, br. 63/2021.

- Voogt J. & Pelgrum H. (2005). ICT and curriculum change. *Human Technology; an Interdisciplinary Journal on Humans in ICT Environments*, 1(2), 157–175. <https://doi.org/10.17011/ht/urn.2005356>
- Voogt, J. (2010). Teacher factors associated with innovative curriculum goals and pedagogical practices: differences between extensive and non-extensive ICT-using science teachers. *Journal of Computer Assisted Learning*, 26(6), 453–464. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2010.00373.x>
- Vulović, N., Maričić, S., & Randelović, B. M. (2024). Analysis of achievements in solving geometric problems at district level competitions of fourth grade primary school students. *Zbornik Instituta za pedagoška istraživanja*, 56(2), 259–279. <https://doi.org/10.2298/ZIPI2402259V>
- Wachira, P., & Keengwe, J. (2011). Technology Integration Barriers: Urban School Mathematics Teachers Perspectives. *J Sci Educ Technol*, 20(1), 17–25. <https://doi.org/10.1007/s10956-010-9230-y>
- Wheaton, B., Muthen, B., Alwin, D., & Summers, G. (1977). Assessing reliability and stability in panel models. In D. R. Heise (Ed.), *Sociological Methodology*, 8 (84–136). San Francisco: Jossey-Bass.
- Wolf, E. J., Harrington, K. M., Clark, S. L., & Miller, M. W. (2013). Sample size requirements for structural equation models: An evaluation of power, bias, and solution propriety. *Educational and Psychological Measurement*, 73(6), 913–934. <https://doi.org/10.1177/0013164413495237>
- Wong, K. T., Teo, T., & Russo, S. (2013). Interactive whiteboard acceptance: Applicability of the UTAUT Model among student teachers. *The Asia Pacific Education Researcher*, 22(1), 1–10. <https://doi.org/10.1007/s40299-012-0001-9>
- Wong, S. L., Ng, S. F., Nawawi, M., & Tang, S. H. (2005). Experienced and inexperienced internet users among pre-service teachers: Their use and attitudes toward the Internet. *Journal of Educational Technology and Society*, 8(1), 90–103.
- Wood, E., Mueller, J., Willoughby, T., Specht, J. & Deyoung, T. (2005). Teachers' Perceptions: barriers and supports to using technology in the classroom. *Education, Communication & Information*, 5(2), 183–206. <https://doi.org/10.1080/14636310500186214>
- Xue, L., Mahat, J., & Ghazali, N. (2026). Technology Acceptance Model in artificial intelligence in education: A meta-analysis. *SAGE Open*, 16(1). <https://doi.org/10.1177/21582440251409441>
- Yildirim, S. (2000). Effects of an educational computing course on pre-service and inservice teachers: a discussion and analysis of attitudes and use. *Journal of Research on Computing in Education*, 32(4), 479–495. <https://doi.org/10.1080/08886504.2000.10782293>
- Zakon o osnovama sistema obrazovanja i vaspitanja (2017–2023). *Službeni glasnik RS*, br. 88/17, 27/18 – dr. zakon, 10/19, 6/20, 129/21 i 92/23.

PRILOZI

PRILOZI

Prilog 1. Upitnik o korišćenju računara u nastavi matematike

Naziv i lokacija fakulteta na kome studirate / škole u kojoj radite:

Smer koji pohađate na studijama:

Odslušali ste _____ godinu studija.

Pol: ☐ **Muški** ☐ **Ženski**

Godine života: _____

Nastojte da o odgovoru ne razmišljate dugo. Ovo je anketa a **ne** test, pa nema tačnih i pogrešnih odgovora – odgovorite što je moguće iskrenije.

A. Planiram da u nastavi matematike **često** koristim računar i odgovarajući softver za:

Tvrdnja	Slaganje				
1. Korišćenje sačinjenih prezentacija	1	2	3	4	5
2. Korišćenje gotovih modela	1	2	3	4	5
3. Razmenu informacija u nekom <i>Wiki</i> okruženju	1	2	3	4	5
4. Razvoj grupnih projekata (npr. računanje troškova ekskurzije) u nekom <i>Wiki</i> okruženju	1	2	3	4	5

1 – Uopšte se ne slažem; 2 – Ne slažem se; 3 – Niti se slažem niti se ne slažem;
4 – Slažem se; 5 – Slažem se u potpunosti

B. Bolje bih realizovao/la nastavu matematike kada bih znao/la više o:

(zaokružiti odgovarajući broj kod **svakog** tvrđenja)

• Matematičkim pojmovima i algoritmima (procedurama)	1	2	3	4	5
• Računarskim programima za učenje matematike (npr. <i>GeoGebra</i>)	1	2	3	4	5
• Različitim nastavnim metodama	1	2	3	4	5
• Korišćenju računara za prikazivanje glavnih sadržaja iz matematike	1	2	3	4	5
• Korišćenju računara radi implementacije različitih nastavnih metoda	1	2	3	4	5
• Nastavnim metodama za obradu različitih sadržaja iz matematike	1	2	3	4	5
• Korišćenju računara radi implementacije nastavnih metoda za obradu različitih sadržaja iz matematike	1	2	3	4	5

1 – Ne u potpunosti; 2 – Uglavnom ne; 3 – Ni da ni ne; 4 – Uglavnom da; 5 – Da u potpunosti

V. Molimo Vas da označite koliko se slažete sa svakom od navedenih tvrdnji zaokružujući odgovarajući broj. Brojevi znače sledeće:

1 – Uopšte se ne slažem; 2 – Ne slažem se; 3 – Niti se slažem niti se ne slažem; 4 – Slažem se; 5 – Slažem se u potpunosti

Tvrdnja	Слагање				
1. Učenje korišćenja računara mi oduzima mnogo vremena (u odnosu na redovne dužnosti).	1	2	3	4	5
2. Korišćenje računara je tako komplikovano da mi je teško da razumem šta se dešava.	1	2	3	4	5
3. Korišćenje računara zahteva previše vremena (za obavljanje mehaničkih operacija, npr. unos podataka).	1	2	3	4	5
4. Potrebno je mnogo vremena da naučimo da koristimo računar (da bi bilo vredno truda).	1	2	3	4	5
5. Kada mi je potrebna pomoć u korišćenju računara, na raspolaganju mi je korisna literatura.	1	2	3	4	5
6. Kada mi je potrebna pomoć u korišćenju računara, mogu da koristim specijalizovane kurseve.	1	2	3	4	5
7. Kada mi je potrebna pomoć u korišćenju računara, mogu da se oslonim na određenu osobu.	1	2	3	4	5

8. Ljudi čije mišljenje uvažavam podstiču me da koristim računar.	1	2	3	4	5
9. Ljudi koji su mi važni pružiće mi podršku za korišćenje računara.	1	2	3	4	5
10. Ljudi koji imaju uticaja na moje ponašanje misle da treba da koristim računar.	1	2	3	4	5
11. Korišćenje računara unaprediće moj rad.	1	2	3	4	5
12. Korišćenje računara povećaće moju efikasnost.	1	2	3	4	5
13. Korišćenje računara povećaće moju produktivnost.	1	2	3	4	5
14. Smatram računar korisnim alatom u svom radu.	1	2	3	4	5
15. Ono što radim na računaru mi je jasno i razumljivo.	1	2	3	4	5
16. Lako mi je da postignem da računar uradi ono što ja hoću.	1	2	3	4	5
17. Smatram da je lako koristiti računar.	1	2	3	4	5
18. Bilo bi mi lako da postanem vešt/a u korišćenju računara.	1	2	3	4	5
19. Upotreba računara čini posao interesantnijim.	1	2	3	4	5
20. Rad na računaru je zabavan.	1	2	3	4	5
21. Volim da koristim računar.	1	2	3	4	5
22. Radujem se onim aspektima mog posla koji zahtevaju da koristim računar.	1	2	3	4	5

Hvala Vam na učešću u ovoj anketi.

Pre predaje upitnika, proverite da li ste odgovorili na sva pitanja kako je traženo.

Vaši odgovori će se koristiti za istraživanje o korišćenju računara u nastavi matematike.

Prilog 2. Spisak skala i odgovarajućih stavki korišćenih u ovoj studiji

Konstrukt	Stavka	
Doživljaj korisnosti (engl. <i>Perceived usefulness</i> – PU); preuzeto iz istraživanja Davis, 1989; Teo & Milutinović, 2015	PU1	• Korišćenje računara unaprediće moj rad.
	PU2	• Korišćenje računara povećaće moju efikasnost.
	PU3	• Korišćenje računara povećaće moju produktivnost.
	PU4	• Smatram računar korisnim alatom u svom radu.
Doživljaj lakoće upotrebe (engl. <i>Perceived ease of use</i> – PEU); preuzeto iz istraživanja Davis, 1989; Teo & Milutinović, 2015	PEU1	• Ono što radim na računaru mi je jasno i razumljivo.
	PEU2	• Lako mi je da postignem da računar uradi ono što ja hoću.
	PEU3	• Smatram da je lako koristiti računar.
	PEU4	• Bilo bi mi lako da postanem vešt/a u korišćenju računara.
Stavovi prema upotrebi računara (engl. <i>Attitudes toward computer use</i> – ATC); preuzeto iz istraživanja Compeau & Higgs (1995); Thompson et al., 1991; Teo & Milutinović, 2015	ATCU1	• Upotreba računara čini posao interesantnijim.
	ATCU2	• Rad na računaru je zabavan.
	ATCU3	• Volim da koristim računar.
	ATCU4	• Radujem se onim aspektima moga posla koji zahtevaju da koristim računar.
Percepcije TPCK (engl. <i>Technological Pedagogical Content Knowledge</i> – TPCK); preuzeto iz istraživanja Teo et al., 2017		Bolje bih realizovao/la nastavu matematike kada bih znao/la više o:
	TPCK1	• matematičkim pojmovima i algoritmi-ma (procedurama)
	TPCK2	• računarskim programima za učenje matematike (npr. <i>GeoGebra</i>)
	TPCK3	• različitim nastavnim metodama
	TPCK4	• korišćenju računara za prikazivanje glavnih sadržaja iz matematike
	TPCK5	• korišćenju računara radi implementacije različitih nastavnih metoda
	TPCK6	• nastavnim metodama za obradu različitih sadržaja iz matematike
	TPCK7	• korišćenju računara radi implementacije nastavnih metoda za obradu različitih sadržaja iz matematike

Olakšavajući uslovi (engl. <i>Facilitating Conditions</i> – FC); preuzeto iz istraživanja Thompson et al., 1991), Teo, 2009a; Teo et al., 2015	FC1	Kada mi je potrebna pomoć u korišćenju računara, na raspolaganju mi je korisna literatura.
	FC2	Kada mi je potrebna pomoć u korišćenju računara, mogu da koristim specijalizovane kurseve.
	FC3	Kada mi je potrebna pomoć u korišćenju računara, mogu da se oslonim na određenu osobu.
Tehnološka kompleksnost (engl. <i>Technological Complexity</i> – TC); preuzeto iz istraživanja Thompson et al., 1991; Teo, 2009; Teo & Milutinović, 2015	TC1	Učenje korišćenja računara mi oduzima mnogo vremena (u odnosu na redovne dužnosti).
	TC2	Korišćenje računara je tako komplikovano da mi je teško da razumem šta se dešava.
	TC3	Korišćenje računara zahteva previše vremena (za obavljanje mehaničkih operacija, npr. unos podataka).
	TC4	Potrebno je mnogo vremena da naučimo da koristimo računar (da bi bilo vredno truda).
Subjektivna norma (engl. <i>Subjective Norm</i> – SN); preuzeto iz istraživanja Venkatesh et al., 2003; Teo, 2009; Teo & Milutinović, 2015	SN1	Ljudi čije mišljenje uvažavam podstiču me da koristim računar.
	SN2	Ljudi koji su mi važni pružiće mi podršku za korišćenje računara.
	SN3	Ljudi koji imaju uticaja na moje ponašanje misle da treba da koristim računar.

Namera upotrebe (engl. <i>Behavioral Intention</i> – BI); preuzeto iz istraživanja Teo et al., 2017	Tradicionalna (BIT)		Planiram da u nastavi matematike često koristim računar i odgovarajući softver za:
		BI1 BI2	- Korišćenje sačinjenih prezentacija - Korišćenje gotovih modela
	Inovativna (BIC)	BI3	Razmenu informacija u nekom Wiki okruženju
		BI4	Razvoj grupnih projekata (npr. računanje troškova ekskurzije) u nekom Wiki okruženju



BELEŠKA O AUTORU



Verica Milutinović rođena je 1972. godine u Jagodini. Diplomirala je (1996), magistrirala (2003) i doktorirala (2015) na Prirodno-matematičkom fakultetu Univerziteta u Kragujevcu. Vanredni je profesor na Fakultetu pedagoških nauka Univerziteta u Kragujevcu u Jagodini, gde radi od 1996. godine i izvodi nastavu iz oblasti računarstva i informatike. Autor je udžbenika *Programiranje u Pajtonu sa zadacima za vežbanje* (Jagodina, 2019). Autor je značajnog broja naučnih radova objavljenih u međunarodno indeksiranim i recenziranim naučnim časopisima (WoS, Scopus) iz oblasti IKT u obrazovanju, prihvatanja tehnologije i veštačke inteligencije u obrazovanju. Rukovodila je projektom „PODIKOM”, finansiranim od strane Ministarstva prosvete Republike Srbije (2018–2019). Učestvovala je na brojnim naučnim skupovima u zemlji i inostranstvu. Član je redakcija časopisa *International Journal of Modern Education Studies* i *Journal of Educational Studies and Multidisciplinary Approaches*. Dobitnik je nagrade Univerziteta u Kragujevcu za najbolju naučnicu (2025).

CIP - Каталогизација у публикацији
Народна библиотека Србије, Београд

37.091::51]:004(0.034.2)
371.694(0.034.2)

МИЛУТИНОВИЋ, Верица, 1972-

Od stavova do prakse: razumevanje prihvatanja IKT u nastavi matematike [Elektronski izvor] / Verica Milutinović. - Jagodina : Fakultet pedagoških nauka Univerziteta u Kragujevcu, 2026 (Jagodina : Fakultet pedagoških nauka Univerziteta u Kragujevcu). - 1 elektronski optički disk (CD-ROM) ; 12 cm. - (Edicija Monografije)

Sistemski zahtevi: Nisu navedeni. - Nasl. sa naslovne strane dokumenta. - Autorkina slika. - Tiraž 50. - Beleška o autoru. - Sadrži bibliografiju.

ISBN 978-86-7604-256-2

а) Математика -- Настава -- Информационо-комуникационе технологије -- Примена б) Образовна технологија

COBISS.SR-ID 197424905

Monografija predstavlja originalan i značajan doprinos proučavanju prihvatanja informaciono-komunikacionih tehnologija u nastavi matematike, posebno u domenu inicijalnog obrazovanja nastavnika. Rukopis se odlikuje naučnom utemeljenošću, aktuelnošću teme i rezultatima koji imaju značajne teorijske i praktične implikacije. Posebna vrednost monografije ogleda se u integraciji modela prihvatanja tehnologije sa specifičnostima nastave matematike, čime se unapređuje razumevanje faktora koji oblikuju nameru korišćenja IKT u nastavi. Imajući u vidu da su istraživanja ovog tipa u domaćem kontekstu retka, monografija predstavlja vredan doprinos ovoj oblasti.

Prof. dr Danimir Mandić

Rukopis monografije predstavlja kvalitetno i aktuelno naučno delo koje istražuje različite determinante digitalne transformacije obrazovanja. Naučni značaj istraživanja leži u uspešnoj integraciji dva dominantna teorijska okvira i identifikaciji tranzicionog mehanizma korišćenja IKT na različitim nivoima. Praktični značaj ogleda se u pružanju naučno validiranog instrumenta za procenu spremnosti nastavnika za rad sa IKT i potvrdi da infrastrukturna stabilnost škola nije dovoljna za suštinsku promenu nastave, ako je ne prati razvoj specifičnog pedagoškog znanja i izgradnja pozitivnih afektivnih stavova, što mogu biti smernice za donosiocce obrazovnih politika.

Prof. dr Nenad Vulović

Rukopis se odlikuje visokim naučnim i praktičnim značajem. Istraživanje se bavi izuzetno aktuelnom temom integracije IKT-a u nastavu, pri čemu rezultati doprinose boljem razumevanju mehanizama prihvatanja tehnologije u obrazovnom kontekstu. Posebna vrednost rada ogleda se u teorijskom unapređenju postojećih modela kroz uvođenje dvodimenzionalne strukture namere korišćenja i identifikaciju njene razvojne i hijerarhijske prirode. Praktični doprinos ogleda se u formulisanju jasnih implikacija za obrazovanje nastavnika i unapređenje nastavne prakse. Autor daje originalan i relevantan doprinos kako razvoju teorije, tako i njenoj primeni u praksi.

Prof. dr Miroslava Ristić

ISBN

978-86-7604-256-2

