



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ
ПРИРОДНО – МАТЕМАТИЧКИ ФАКУЛТЕТ
ДЕПАРТМАН ЗА МАТЕМАТИКУ И
ИНФОРМАТИКУ



УТИЦАЈ НАСТАВНОГ ОКРУЖЕЊА НА МАТЕМАТИЧКА ПОСТИГНУЋА СТУДЕНАТА

ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА

Ментори:

Проф. др Мирјана Штрбоја
Доц. др Радослав Божић

Кандидат:

Александра Стевановић

Нови Сад, 2023. Године

Захвалница

„Per aspera ad astra.“

Ову дисертацију посвећујем онима који размишљају о одустајању.

Неизмерну захвалност дугујем професорки др Ђурђици Такачи без које бих вероватно и ја одустала. Велико Вам хвала за све! Хвала Вам на ентузијазму и огромној енергији коју сте уложили, хвала Вам на подршци и помоћи током спровођења истраживања и израде ове дисертације. Посебно сам Вам захвална на Вашој племенитости, разумевању, стрпљењу и охрабривању у изазовним тренуцима којих није било мало. Изузетно сам поносна на наше резултате и захвална што сте баш Ви допринели мом стручном развоју и крунисању мог образовања.

Огромну захвалност дугујем и свом колеги, другу и пријатељу др Славиши Радовићу, који је несебично делио своје знање са мном и који је увек, баш увек, био ту. Хвала ти неизмерно!

Велику захвалност дугујем и својим менторима, др Радославу Божићу са којим сам написала свој први озбиљан научни рад, као и професорки др Мирјани Штрбоја која је у тешким тренуцима прихватила и дозволила да наставим тамо где сам стала и тако допринела да стварам још успешније.

Велико хвала и члановима комисије, уваженим професорима др Тамари Јовановић, др Ралету Николићу, др Илији Миловановићу и др Ивани Штајнер-Папуга који су пажљиво прочитали овај рад и својим сугестијама допринели унапређењу ове дисертације.

Хвала мојој колегиници Снежани Стојановић која је лекторисала ову дисертацију.

Захваљујем се својој Групици и осталим пријатељима и другарима који су били уз мене током овог путовања. Хвала Вам на подршци, толеранцији, стрпљењу и разумевању.

Посебну захвалност дугујем својој широј и ужој породици, мојим сестрама, брату и родитељима. Хвала Вам на безусловној подршци, хвала вам што постојите и што сте ме обликовали у особу каква сам данас.

НАВЕСТИ НАЗИВ ФАКУЛТЕТА ИЛИ ЦЕНТРА

КЉУЧНА ДОКУМЕНТАЦИЈСКА ИНФОРМАЦИЈА¹

Врста рада:	Докторска дисертација
Име и презиме аутора:	Александра Стевановић
Ментор (титула, име, презиме, звање, институција)	др Мирјана Штрбоја, редовни професор, Природно-математички факултет, Универзитет у Новом Саду др Радослав Божић, доцент, Учитељски факултет, Универзитет Едуконс
Наслов рада:	Утицај наставног окружења на математичка постигнућа студената
Језик публикације (писмо):	Српски (ћирилица)
Физички опис рада:	Унети број: Страница: 133 Поглавља: 5 Референци: 208 Табела: 20 Слика: 46 Графикона: 0 Прилога: 1
Научна област:	Методика наставе математике
Ужа научна област (научна дисциплина):	Дигитализација наставе
Кључне речи / предметна одредница:	Наставно окружење (традиционално, комбиновано и онлајн), Математика 1, настава на даљину, академска постигнућа, мотивација за учење, ставови студената, пандемија Ковид-19
Резиме на језику рада:	Образовање је процес у коме друштво преноси акумулирано знање, вештине и вредности с генерације на генерацију. Активно учешће ученика и студената у друштву је један од главних циљева образовања. Учење математике је много више од самог примања информација, тако да многобројни фактори утичу на ученичка и студентска знања из математике. Како би креирали квалитетну наставу и поспешили усвајање знања, неопходно је испитати много различитих сегмената. Зато су веома важна и значајна истраживања проблема у настави математике и математичког

¹ Аутор докторске дисертације потписао је и приложио следеће Обрасце:

5б – Изјава о ауторству;

5в – Изјава о истоветности штампане и електронске верзије и о личним подацима;

5г – Изјава о коришћењу.

Ове Изјаве се чувају на факултету у штампаном и електронском облику и не кориче се са тезом.

	<p>образовања. Разумевање начина на који модерне технологије могу pružiti dodatnu pomoć студентима да лакше усвајају знања, од пресудне важности за развој традиционалних система за учење и креирања дигиталних наставних материјала.</p> <p>Наставни процес је, од почетка пандемије изазване вирусом Ковид-19, претрпео нагле и велике промене у целом свету. Захваљујући достигнућима информационо-комуникационих технологија настава је организована „на даљину“. Окружење за учење је имало велики утицај на организовање и извођење наставног процеса за то време. Имајући то у виду, у дисертацији је приказано истраживање које пружа емпиријске доказе и испитује утицај различитог окружења за учење на постигнућа студената у оквиру основног курса математике. Испитано је и под којим околностима и у којој мери испитаници постижу боље резултате на сумативним и формативним проценама знања. За истраживање тема коришћене су квалитативне и квантитативне методе истраживања које користе релевантне статистичке технике. Истраживање је рађено у циљу испитивања и идентификације тренутног стања (у којој мери испитаници исправно интерпретирају стечена знања из математике) као и откривања потенцијалних когнитивних конфликта како би се радило на њиховом превазилажењу и унапређењу наставног окружења и наставних материјала.</p> <p>У околностима споменуте пандемије било је важно детаљније испитати и перцепције студената као и њихову мотивацију и искуство током учења на даљину у тако измењеном образовном окружењу. Иако доприноси раније литературе јасно указују да је мотивација студената позитивно повезана са њиховим понашањем, академским постигнућем и перцепцијом окружења за учење, тренутно постоји потреба за бољим разумевањем како су брзе и неопходне промене учења изазване пандемијом повезане са унутрашњом мотивацијом студената. Мотивација и разумевање студентских перцепција имају значајан утицај на квалитет процеса учења, јер утичу на ангажовање студената у учењу, помажу просветним радницима да преиспитају принципе дизајна учења и даље унапређују и развијају наставне планове и програме. У дисертацији је приказано и друго истраживање које испитује да ли су демографске карактеристике студената утицале на њихову перцепцију о димензијама мотивације (труд(напор)/важност, вредност/корисност и интересовање/уживање). Такође, разматрано је и испитивање свести студената (позитивне и негативне аспекте) о образовним променама и модификацијама које нису добро познате, као и о недостатку емпиријских доказа у савременој литератури. Стога, ово истраживање има за циљ да допринесе том разумевању истражујући перцепцију студената.</p>
Датум прихватања теме од стране надлежног већа:	31.3.2023.
Датум одбране: (Попуњава одговарајућа служба)	
Чланови комисије: (титула, име, презиме, звање, институција)	Председник: др Тамара Јовановић, ванредни професор, Природно-математички факултет, Универзитет у Новом Саду Члан: др Рале Николић, ванредни професор, Војна академија, Универзитет одбране у Београду Члан: др Илија Миловановић, доцент, Филозофски факултет, Универзитет у Новом Саду

	<p>Члан: др Ивана Штајнер-Папуга, редовни професор, Природно-математички факултет, Универзитет у Новом Саду</p> <p>Члан: др Мирјана Штрбоја, редовни професор, Природно-математички факултет, Универзитет у Новом Саду</p> <p>Члан: др Радослав Божић, доцент, Учитељски факултет, Универзитет Едуконс</p>
Напомена:	

UNIVERSITY OF NOVI SAD

FACULTY OR CENTER

KEY WORD DOCUMENTATION²

Document type:	Doctoral dissertation
Author:	Aleksandra Stevanović
Supervisor (title, first name, last name, position, institution)	dr Mirjana Štrboja, professor, Faculty of Sciences, University of Novi Sad dr Radoslav Božić, assistant professor, Faculty of Education, Educons University, Novi Sad
Thesis title:	The influence of the learning environment on students' mathematical achievement
Language of text (script):	Serbian language (cyrillic script)
Physical description:	Number of: Pages: 133 Chapters: 5 References: 208 Tables: 20 Illustrations: 46 Graphs: 0 Appendices: 1
Scientific field:	Teaching methodology of mathematics
Scientific subfield (scientific discipline):	Digitization of learning
Subject, Key words:	Learning environment (traditional, blended, and online), Calculus, distance learning, academic achievements, motivation for learning, students' perception, Covid-19 pandemic
Abstract in English language:	Education is a process through which society transfers accumulated knowledge, skills, and values from one generation to another. Active participation of students in society is one of the main goals of education. Learning mathematics is much more than just receiving information, so numerous factors influence students' knowledge of mathematics. In order to create quality teaching and facilitate knowledge acquisition, it is necessary to examine various segments. Therefore, research on the problems in mathematics education is very important and significant. Understanding how modern technologies can provide additional assistance to students in easier knowledge acquisition is crucial for the development of traditional learning systems and the creation of digital teaching materials.

² The author of doctoral dissertation has signed the following Statements:

56 – Statement on the authority,

5B – Statement that the printed and e-version of doctoral dissertation are identical and about personal data,

5r – Statement on copyright licenses.

The paper and e-versions of Statements are held at the faculty and are not included into the printed thesis.

	<p>Since the beginning of the COVID-19 pandemic, the educational process has undergone sudden and significant changes worldwide. Thanks to the achievements of information and communication technologies, education has been organized "remotely." The learning environment had a significant impact on the organization and implementation of the teaching process during that time. With that in mind, the dissertation presents research that provides empirical evidence and examines the influence of different learning environments on students' achievements in basic mathematics courses. It also investigates under which circumstances and to what extent the participants achieve better results in summative and formative assessments. The research topic was examined using qualitative and quantitative research methods that employ relevant statistical techniques. The research was conducted to explore and identify the current state (to what extent the participants correctly interpret acquired knowledge in mathematics) as well as to discover potential cognitive conflicts in order to work towards overcoming them and improving the learning environment and teaching materials.</p> <p>In the context of the mentioned pandemic, it was important to examine in more detail the perceptions of students, as well as their motivation and experience during distance learning in such an altered educational environment. Although previous literature clearly indicates that student motivation is positively related to their behavior, academic achievement, and perception of the learning environment, there is currently a need for better understanding of how rapid and necessary learning changes caused by the pandemic are associated with students' intrinsic motivation. Motivation and understanding of student perceptions have a significant impact on the quality of the learning process, as they influence student engagement in learning and assist educators in re-evaluating learning design principles and further improving and developing instructional plans and programs. The dissertation also presents another study that examines whether students' demographic characteristics influenced their perception of motivation dimensions (effort/importance, value/usefulness, and interest/enjoyment). Additionally, it explores students' awareness (positive and negative aspects) of educational changes and modifications that are not well-known, as well as the lack of empirical evidence in contemporary literature. Therefore, this research aims to contribute to that understanding by investigating students' perceptions.</p>
Accepted on Scientific Board on:	31.3.2023.
Defended: (Filled by the faculty service)	
Thesis Defend Board: (title, first name, last name, position, institution)	<p>President: dr Tamara Jovanović, Associate Professor, Faculty of Sciences, University of Novi Sad</p> <p>Member: dr Rale Nikolić, Associate Professor, Military Academy, University of Defense Belgrade</p> <p>Member: dr Ilija Milovanović, Assistant Professor, Faculty of Philosophy, University of Novi Sad</p> <p>Member: dr Ivana Štajner-Papuga, professor, Faculty of Sciences, University of Novi Sad</p> <p>Member: dr Mirjana Štrboja, professor, Faculty of Sciences, University of Novi Sad</p> <p>Member: dr Radoslav Božić, assistant professor, Faculty of Education, Educons University, Novi Sad</p>
Note:	

Садржај

1. УВОД	1
1.1. Циљеви докторске дисертације	3
1.2. Организација рада	4
2. ТЕОРИЈСКА ОСНОВА	6
2.1. Конструктивизам	6
2.2. Информационо-комуникационе технологије у образовању	9
2.2.1. Интернационалне смернице за примену дигиталних алата у образовању	10
2.2.2. Стратегија развоја дигиталних вештина у Републици Србији	11
2.2.3. Наставни софтвери и дигитални алати за учење	12
2.2.4. Типови наставног окружења	16
2.2.4.1. Традиционално наставно окружење	17
2.2.4.2. Онлајн наставно окружење	18
2.2.4.3. Комбиновано наставно окружење	22
2.2.5. Поређење наставних окружења	23
2.3. НАСТАВА МАТЕМАТИКЕ И РАЗВОЈ МАТЕМАТИЧКОГ МИШЉЕЊА	25
2.3.1. Граничне вредности функције	26
2.3.2. Изучавање функција у оквиру математичких садржаја у Србији	27
2.4. ВРЕДНОВАЊЕ И ПРАЋЕЊЕ ПОСТИГНУЋА – ОЦЕЊИВАЊЕ.....	28
2.4.1. Улога домаћих задатака	29
2.4.2. Самопроцена и саморегулисано учење	30
2.5. МОТИВАЦИЈА.....	32
2.5.1. Унутрашња и спољашња мотивација за учење.....	33
3. КВАЗИ-ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ИСТРАЖИВАЊЕ – ПОСТИГНУЋА СТУДЕНАТА У ОКВИРУ ОСНОВНОГ КУРСА МАТЕМАТИКЕ	35
3.1. ТЕМА ИСТРАЖИВАЊА.....	36
3.2. МЕТОДОЛОГИЈА	37
3.2.1. Учесници	38
3.2.2. Мерни инструменти	39
3.2.3. Садржај курса Математика 1	39
3.2.4. Сценарио учења групе 1 (школске 2019/20. године).....	40
3.2.4.1. Организација наставе	40
3.2.4.2. Наставни материјали	41
3.2.4.3. Процена и праћење академских постигнућа	48
3.2.4.4. Анализа колоквијума по задацима.....	54
3.2.5. Сценарио учења групе 2 (школске 2020/21. године, током пандемије Ковид-19)	67
3.2.5.1. Организација наставе	67
3.2.5.2. Наставни материјали	68

3.2.5.3. Процена и праћење академских постигнућа	70
3.2.6. Анализа података	72
3.3. РЕЗУЛТАТИ.....	72
3.3.1. Статистичка анализа	72
3.3.2. Анализа студентских радова са завршног испита	76
3.4. ДИСКУСИЈА И ЗАКЉУЧАК	87
4. АНКЕТНО ИСТРАЖИВАЊЕ - ИСКУСТВА И СТАВ СТУДЕНАТА О УЧЕЊУ НА ДАЉИНУ ТОКОМ ПАНДЕМИЈЕ КОВИД-19.....	93
4.1. ТЕМА ИСТРАЖИВАЊА.....	94
4.2. МЕТОДОЛОГИЈА	95
4.2.1. Учесници	95
4.2.2. Мерни инструменти	96
4.2.3. Анализа података	97
4.3. РЕЗУЛТАТИ.....	98
4.3.1. Разлике у перцепцији мотивације током учења на даљину	98
4.3.2. Анализа позитивних и негативних аспеката учења на даљину.....	101
4.3.3. Корелација позитивних и негативних аспеката учења на даљину.....	106
4.4. ДИСКУСИЈА И ЗАКЉУЧАК	108
5. ЗАКЉУЧАК.....	111
ЛИТЕРАТУРА.....	121
ПРИЛОГ	134
АНКЕТНИ УПИТНИК – НАСТАВА НА ДАЉИНУ У ВРЕМЕ ПАНДЕМИЈЕ КОВИД-19	134
ПРЕГЛЕД ТАБЕЛА	137
ПРЕГЛЕД СЛИКА.....	138
БИОГРАФИЈА	140

1. Увод

Историјски гледано математика је настала као практична делатност која је била потребна у обављању трговинских прорачуна, мерењу земљишта и записивању времена. Како су се друштво и његове потребе развијале, тако је и математика постајала комплекснија. Математика каква нам је позната данас, представља резултат процеса и делатности стотина генерација људске врсте, који је започео када је наша врста *Homo sapiens* завладала Земљом (Божић, 2002).

Образовање је процес у коме друштво преноси акумулирано знање, вештине и вредности с генерације на генерацију. У старим друштвима образовање и васпитање деце се углавном заснивало на практичним вештинама које су зависиле од могућности и знања родитеља, док су учитељи и образовне институције били привилегија богатих и као такви доступни малом броју људи. Упоредо, са развојем културе образовање се постепено развијало до своје модерне (данашње) форме. Активно учешће ученика и студената у друштву је један од главних циљева образовања. Према Киму (Kim, 2002, р. 144) образовање би требало да се развије у „оно које је усредсређено на претрагу и откриће, наглашавање креативности и иницијативе, као и вредновање интеракције и сарадње“. Учење је процес стицања новог или модификовања постојећег знања, вештина или преференција. Учење математике је много више од самог примања информација, тако да многобројни фактори утичу на ученичка и студентска знања из математике. Како би креирали квалитетну наставу и поспешили усвајање знања, неопходно је испитати много различитих сегмената. Зато су веома важна и значајна истраживања проблема у настави математике и математичког образовања.

Ова дисертација се фокусира на појам функције, јер је заступљен у готово свим областима математике. Осим тога, има широку примену и у другим наукама, као и у свакодневном животу. Ученици се кроз образовање сусрећу са функцијама још у основној школи, где почиње стварање и развој њиховог елементарног математичког мишљења. Овај процес се наставља у средњој школи када се уводе и обрађују елементарне функције и њихове особине, које се затим детаљније и продубљено изучавају у високом образовању. Скоро сви технички и економски факултети у Србији имају математику као базични предмет који се изучава на првој години основних студија и игра важну улогу у разумевању рачунарских, економских, техничких и других наука. Садржај првих математичких курсева је врло сличан на свим техничким факултетима, очекује се да студенти савладају и користе математичке методе, поступке и технике реалне математичке анализе у вези са функцијом једне променљиве (домен функције, одређивање извода и њихових нула, асимптоте и тако даље, да би на крају могли да нацртају график функције). Студенти у овом узрасту испитују особине функције користећи метод дефиниције у комбинацији са методом слике (Tall & Vinner, 1981) и тако прелазе са елементарног на напредно математичко мишљење.

Нажалост, искуства из праксе као и многобројна истраживања недвосмислено показују да ученици и студенти имају потешкоће у савладавању градива које се односи на функције, посебно када се ради о поступцима математичке анализе у вези са функцијом једне променљиве (Tall & Vinner, 1981; Tall, 2009; Tall, 2011; Такачи et al., 2006). Заправо ученици и студенти имају проблем са разумевањем функција и неретко праве грешке приликом испитивања особина функција. Како не схватају суштину појединих важних особина, често се јављају бројне грешке у радовима које посебно долазе до изражаја приликом графичког приказивања функције (чије су особине претходно анализирани). Да би се превазишли ти неминовни когнитивни конфликти, неопходно је да ученици и студенти у што већој мери усвоје знања из области функција. Веома је важно да разумеју особине функција, како би касније могли успешно да их примењују када се за тим укаже потреба. Претходно поменути когнитивни конфликти се рефлектују и на наредне курсеве математике, на друге науке, али и на мотивацију студената за учење. Због тога је разумевање начина на који модерне технологије могу пружити додатну помоћ студентима да лакше усвајају знања, од пресудне важности за развој традиционалних система за учење и креирања дигиталних наставних материјала.

Просперитет и развој једног друштва заснован је и директно повезан са нивоом образовања његове популације. Готово да нема развијеног и успешног друштва које није образовано и које не иде у корак са временом. Један од оснивача филозофије модерног конструктивистичког образовања Џон Дјуи (John Dewey) је тврдио да ће деца кроз образовање стећи способност да доносе смислене, интелигентне одлуке које воде ка јавном добру (Dewey, 1976). Образовни проблеми су све разноврснији, а захтеви и потребе друштва све сложеније, што захтева одређену флексибилност и прилагођавање променљивом окружењу, како едукатора тако и наставних материјала. Информационо-комуникационе технологије (ИКТ) већ деценијама диктирају темпо и постављају стандарде новог (дигиталног) друштва. Тако су се поред традиционалног наставног окружења развила онлајн и комбинована наставна окружења.

Пре готово три године дошло је до глобалне пандемије коју је изазвао корона вирус (SARS-Cov-2). Пандемија Ковид-19 створила је значајне изазове за глобалну заједницу високог образовања, за које многе институције нису биле спремне. Да би се ублажили ефекти пандемије на образовање, усвојена је „хитна настава на даљину“ као привремено решење (Службени гласник РС, бр. 30/2020; Bozkurt & Sharma, 2020), које је са мањим или већим варијацијама трајало скоро три године. Пандемија је донела изузетне околности које намећу многобројна питања о одговарајућим наставним методама, тако да би било значајно да се детаљније испита перцепција студената и њихово искуство током учења на даљину у тако измењеном образовном окружењу (Psotka, 2022). Осим тога, утицај такве промене на мотивацију и постигнућа ученика и студената је такође углавном неистражен.

Узимајући у обзир све претходно наведено, неопходно је трансформисати и прилагодити процес образовања новонасталим околностима и савременом (дигиталном)

друштву. Џон Дјуи је још 1916. године имао визионарску идеју која је одржива и данас: „Ако подучавамо данашње ђаке као што смо учили јучерашње, одузимамо им сутра”. Врло је извесно да ће пандемија оставити трајне последице и проузроковати одређене измене у образовању, тако да потенцијал дигиталног друштва треба искористити на најбољи могући начин. Дакле, новој дигиталној ери је потребна промена парадигме у образовању. Неопходно је заинтриговати, мотивисати и ангажовати студенте, постављати изазове који ће развијати њихову аналитичност и логичко размишљање, водити их кроз њима блиско окружење до крајњег циља који се фокусира на функционална знања.

1.1. Циљеви докторске дисертације

На основу изнетог, проистекла је идеја да се осмисле истраживања која ће утврдити тренутно стање и дати смернице за креирање и развијање наставног окружења по мери студената, које ће водити ка унапређењу наставе математике на универзитетском нивоу. Ова дисертација има за циљ да идентификује и представи тренутно стање као и да укаже на потребу за унапређењем формалног образовања на универзитетском нивоу када је у питању математика (фокус је на основном курсу математике за техничке факултете), укључујући наставне материјале, као и сам приступ раду.

Докторска дисертација се, у циљу давања доприноса савременој методици наставе математике, бави:

- испитивањем и анализом утицаја различитог наставног окружења, пре и током пандемије Ковид-19, на постигнућа студената у оквиру основног курса математике на универзитетском нивоу;
- анализирањем студентских радова са испита и колоквијума (пре и током пандемије Ковид-19), са нагласком на когнитивне конфликти и потешкоће у учењу математичких садржаја - функција и њихових особина;
- испитивањем и анализом искуства и става студената о настави и учењу на даљину током пандемије Ковид-19.

Главни циљ истраживања је усмерен на потенцијално унапређење наставе математике на академском нивоу и креирање смерница за развијање наставног окружења по мери студената.

Израда докторске дисертације остварује и следеће циљеве:

- указивање на тренутно стање и проблеме у досадашњој настави и учењу математике на академском нивоу (што треба да буде основна и полазна тачка у припремању и давању конкретних предлога за унапређење наставе математике и наставног окружења);

- откривање потенцијалних проблема (у настави математике) изазваних последицама пандемије Ковид-19 и рад на њиховом превазилажењу;
- идентификација мотивационих предиктора и студентских ставова о настави на даљину.

Резултати истраживања треба да допринесу остваривању наведених циљева, са посебним нагласком на практична, научна и теоријска сазнања. Очекују се позитивни исходи у складу са дефинисаним оквирима дисертације, као и јасна анализа утицаја промене наставног окружења на постигнућа студената у оквиру основног курса математике. Реализација истраживачких активности ће значајно утицати на:

- стицање и продубљивање сазнања наставника о когнитивним конфликтима студената, како би се радило на њиховом превазилажењу;
- сагледавање проблема са различитих аспеката и формирање шире слике о процесу наставе и учења;
- креирање наставног окружења прилагођеног студентским ставовима и потребама за учење, које ће им омогућити одговарајуће услове за учење;
- модернизацију традиционалног приступа настави математике;
- неопходност побољшања мотивације за учење математике;
- развијање позитивног става према математици као науци са великим могућностима за примену у другим наукама.

1.2. Организација рада

Ова дисертација почиње аналитичким прегледом емпиријске и теоријске литературе из области методике наставе математике. Преглед узима у обзир неодвојивост академског успеха ученика, њихову мотивацију и ставове према образовном процесу. У дисертацији се спроводи компаративна анализа кроз више комплементарних перспектива, укључујући технолошку (модерне дигиталне технологије које се могу користити у образовању) и психолошко-педагошку (когнитивне потешкоће током процеса учења математике), са посебним фокусом на развој образовања и усвајање математичких знања у високом образовању. Кроз преглед литературе такође су анализирани различите тенденције и модели организације наставе са свим педагошким и дидактичким средствима подржаним технологијом (укључујући дискусију предности и мана).

Затим, дисертација приказује резултате емпиријских истраживања која испитују утицај технологија и потенцијал дигиталног друштва, тј. испитују на који начин редизајнирани традиционални системи за учење утичу на академска постигнућа и успехе студената. Осим тога, истраживањима се испитује у којој мери су студенти мотивисани за

учење током наставе на даљину која је проистекла као једна од последица коју је изазвала пандемија Ковид-19. С тим у вези, ова докторска дисертација се заснива на два емпиријска истраживања.

Прво истраживање се бави испитивањем и анализом утицаја различитог наставног окружења (пре и током пандемије Ковид-19) на постигнућа студената у оквиру основног курса математике. Узорак истраживања чине студенти прве године основних академских студија Факултета информacionих технологија, Универзитета Метрополитан у Београду. Студенти су распоређени у две групе (групу 1 и групу 2), а свака од њих има традиционалну, комбиновану и онлајн подгрупу. Како би се постигла уједначеност група по питању предзнања студената из области функција, за поузданост узорка је коришћена просечна оцена ученика из математике у четвртог (завршном) разреду средње школе (јер се управо у том периоду образовања ученици први пут сусрећу са појмовима више математике - граничне вредности и извод функције). Анализа резултата истраживања обухвата и приказ студентских радова са завршног испита и колоквијума тј. студентских одговора на садржаје за које се зна да изазивају когнитивне конфликте и потешкоће у разумевању појма функције и њених особина.

Друго истраживање које је приказано у овој докторској дисертацији, бави се испитивањем и анализом искустава и ставова студената о настави и учењу на даљину током пандемије Ковид-19. У истраживању се додатно испитује и мотивација (тј. ставови студената, у којој мери су уложили напор у свој рад, да ли им је и у којој мери учење било занимљиво и слично). Истраживања такође испитују и како су испитаници доживели наставу на даљину, да ли су били склонији уочавању предности или мана, као и да ли постоји корелација њихових импресија. Узорак истраживања чине студенти основних студија са два универзитета у Србији: Природно-математичког факултета Универзитета у Новом Саду и Универзитета Метрополитан у Београду. На основу циља истраживања коришћени су различити мерни инструменти и прикупљени различити подаци, како би се испитао утицај демографских карактеристика студената (пол, универзитет, окружење за учење, година студија и просек оцена), мотивације и њихових ставова. Да би се стекао дубљи увид у перцепцију студената о процесу учења, квантитативни подаци су допуњени квалитативним подацима добијеним из отворених питања упитника.

У закључку ове докторске дисертације о унапређењу наставе математике у високом образовању изводе се општи закључци из две емпиријске студије. Истакнути су главни налази споменутих студија и указано је на које начине и у којој мери дисертација доприноси теоријским, практичним и научним сазнањима из ове области. На крају, завршни део дисертације даје смернице за потенцијална истраживања у будућности.

2. Теоријска основа

У овом поглављу је дата теоријска основа на којој се заснивају емпиријске студије представљене у овој тези. Први део теоријског оквира односи се на конструктивизам, као основу за креирање активне улоге студената у процесу учења и унапређења наставе. Други део теоријске основе је посвећен информационо-комуникационим технологијама у образовању, које су у позитивној корелацији са конструктивизмом. У том делу су описани различити типови наставног окружења (традиционално, онлајн и комбиновано наставно окружење) која произилазе као продукти развоја ИКТа. Трећи део се односи на наставу математике, креирање и развој математичког мишљења са освртом на наставни план и програм учења функција у Србији. Четврти део се односи на праћење постигнућа и оцењивање. Док се последњи, пети део односи на мотивацију као један од предуслова високих постигнућа студената.

2.1. Конструктивизам

Образовне идеје које је поставио Јан Амос Коменски (Jan Amos Komenský 1592-1670), начин подучавања као и сама средина за учење, нису се значајно промениле до данас. Међутим, циљеви образовања, методе организације наставе и алати који су се користили у раду са ученицима и студентима, развијали су се пратећи напредак друштва. Школска пракса показује чињеницу да ученици и студенти веома тешко имплементирају своја знања у реалним животним ситуацијама (укључујући и оне са бољим оценама) што указује да њихова знања нису функционална (Karlar, 2022). Образовне и педагошке реформе које датирају још од прошлог века теже да превазиђу управо те недостатке и слабости наставе. Развијају се нове теоријске и практичне педагошке идеје које подразумевају наставу усмерену на ученика/студента (препознавање и развијање његових склоности, вештина и тренутног знања), као и методе активног учења (тј. активну улогу ученика/студената у процесу учења као и стицање функционалног знања и практичних вештина). Све то произлази из конструктивизма, који у области образовања наглашава одговорност ученика и студената за властито учење (Milutinović, 2016).

Конструктивизам се темељи на идејама педоцентристичке педагогије коју су почетком 20. века изградили педагози попут Џона Дјуиа (John Dewey) и Френсиса Паркера (Francis Wayland Parker). У педоцентризму је акценат на ученицима/студентима који самостално формирају знања током наставе посредством деловања у складу са сопственим способностима. Осим тога, образовни садржаји се повезују са њиховим интересовањима и реалним животним ситуацијама.

Студенти традиционалног наставног окружења неретко третирају знање као скуп правила или чињеница које нису повезане, док конструктивистички приступ третира знање као креацију људског ума са сопственим садржајима и концептима (Kuhn, 1970). Истраживања показују да студенти који следе традиционални начин рада немају довољно трајна и функционална знања која могу да примене у пракси (Von Glasersfeld, 1995; Von Glasersfeld, 2013), док у другим окружењима за учење постижу боље резултате (Ho & Dzeng, 2010; Elfaki, Abdulraheem & Abdulrahim, 2019; Stevanović, Božić & Štrboja, 2023). Заправо, студенти традиционалног наставног окружења се тешко сналазе у решавању нових нестандартних проблема (без обзира на њихову комплексност) док су добро припремљени и увежбани за решавање познатих (стандардних) задатака. Вон Глазерсфелд (Von Glasersfeld, 1995) сматра да учење не одговара концепту учења стимулација – реакција, меморисање чињеница и понављање научених информација. Концептуалне структуре се код студената развијају коришћењем апстрактног мишљења (способност размишљања о идејама и концептима који нису директно везани за физичке објекте или чулно искуство) и рефлексijом (активна анализа, процена и синтетизовање информација како би се донеле добро образложене одлуке и пресуде) (Von Glasersfeld, 1995; Von Glasersfeld, 2013). Конструктивизмом се сматра приступ учењу и поучавању који је заснован на идеји да је учење резултат „менталне конструкције“ код онога ко учи. То укључује преиспитивање претпоставки, разматрање алтернативних перспектива и способност да се направи разлика између аргумената заснованих на доказима и оних заснованих на мишљењима или предрасудама. Дакле, теорија учења конструктивизма се заснива на искуству студената и подразумева стварање менталних представа и апстрактних симбола. Осим тога, омогућава појединцима да формирају концепте, праве везе и изводе закључке на основу расуђивања и маште.

Многобројни теоретичари (Bodner, 1986; Von Glasersfeld, 1995; Von Glasersfeld, 2013; Sjoberg, 2010; Taber, 2011; Anagün, 2018) сматрају да би конструктивистички приступ учењу био један од приступа који би дао најбоље резултате и помогао ученицима и студентима да креирају квалитетна знања која су применљива у пракси. У конструктивистичком моделу учења сви учесници активно, континуирано и самостално „конструишу“ своја знања. Иако је знање индивидуално, креира се и остварује кроз интеракцију са физичким светом и окружењем ученика/студента (Sjoberg, 2010). Они повезују информације, траже законитости и откривају нове податке уместо да једноставно пресликају и репродукују добијене информације (Bodner, 1986). Разумевање током процеса учења се развија кроз поређење нових искустава са предвиђањем, организацију информација и правилну употребу повратних информација (Taber, 2011), то је уједно и начин за унапређење знања које постаје сложеније. Окружење је такође веома значајно. Наставник као и околина студената имају веома велики утицај на креирање знања и његово прилагођавање потребама свакодневног живота (Такаџи, Stankov & Milanović, 2015). По конструктивистичком моделу применљиво знање је квалитетно, тј. оно које нам користи у

остваривању одређених циљева, па тако појединци неће конструисати било које знање, већ оно које им је исплативо (Von Glasersfeld, 1995; Von Glasersfeld, 2013).

У конструктивистичком, као и у традиционалном учењу, улога наставника је од изузетне важности. Наставник има велики утицај на креирање знања код ученика/студената, мора их пажљиво водити кроз процес конструисања знања јер их управо он уводи у нову област, а касније им помаже да на најједноставнији начин схвате нове појмове и савладају потенцијалне потешкоће са којима се сусрећу. Треба имати у виду чињеницу да логички след представљања градива није увек најбољи след за почетнике (Bodner, 1986). Квалитетно предавање треба да активира постојеће знање студената које ће у комбинацији са новим сазнањима омогућити конструисање квалитетног знања. Наставник своје знање најбоље преноси кроз дијалог са студентом (Taber, 2011), тако да је квалитет дијалога веома важан. Овде такође долази до изражаја способност наставника да проникне у начин размишљања и конструисања знања код ученика/студената (Sjoberg, 2010). Брукс и Брукс (Brooks & Brooks, 1993) наводе да наставници треба да охрабре ученике и студенте да истражују своје наставно окружење као и да дискутују, како са наставником тако и међусобно. Док Бховмик (Bhowmik, 2014) поред корисности конструктивистичког приступа, наглашава и да он представља велики изазов за наставника.

Конструктивисти сматрају да на учење утиче контекст у коме се наставни садржаји предају студентима. Када наставници поседују снажне перцепције у вези са решавањем проблема, критичким мишљењем, сарадњом, комуникацијом и креативношћу, они тако својим примером студентима креирају окружење за учење које је отворено за постављање питања и истраживања, што даље води ка позитивним ставовима студената (Anagün, 2018). Да би студенти били у стању да конструишу трајно и квалитетно знање, неопходно је да за тим осете потребу. Дакле, још једна важна улога наставника би била постављање проблема који ће заинтересовати студенте и у њима пробудити потребу за решавањем истог (Von Glasersfeld, 1995; Von Glasersfeld, 2013). Када осете потребу за одређеним знањем, студенти ће сами тражити пут до њега и конструисати га на квалитетан начин (Bodner, 1986). Лорсбах и Тобин (Lorsbach & Tobin, 1992) истичу да се студенти труде да увиде смисао онога што уче тако што покушавају да уклопе нове садржаје и појмове са својим искуством.

Примена конструктивистичког приступа у математици је такође била предмет истраживања. Скемп (Skemp, 1976) је дефинисао два типа разумевања: односно и инструментално. Односно разумевање подразумева разумевање веза између појмова и процедура. Дакле, уколико појединац зна шта треба да ради као и због чега то треба да ради, сматра се да он влада односним разумевањем појмова. Под инструменталним разумевањем подразумева се познавање правила, али без разумевања разлога за њихову примену. Скемп (Skemp, 1976) је још тада истицао да треба побољшати односно разумевање, јер класични приступи у настави математике углавном подстичу инструментално разумевање, као и да се то може постићи применом конструктивистичких метода. Постоје многобројна истраживања која говоре о побољшању квалитета наставе математике под утицајем

примене конструктивистичког приступа (Garcia & Pacheco, 2013; Amin & Mariani, 2017; Bermejo, Ester & Morales, 2021) док мета-анализа (Xie, Wang & Hu, 2018) истиче да конструктивистички приступ и поред великих предности није једини начин за унапређење наставе.

Савремена технологија има значајан утицај на унапређење конструктивистичког приступа учењу и омогућава наставнику да организује квалитетнију наставу у којој се технологија користи као наставно средство, не као циљ учења (Taber, 2017). Технологију у настави треба користити организовано и смислено, кад год може допринети квалитету наставе, јер у супротном неће бити ефикасна. Наставници који негују конструктивистички приступ настави чешће примењују и ИКТ (Judson, 2006) и постављају студенте у центар наставног процеса. Резултати истраживања (Garcia & Pacheco, 2013) указују на то да интеграција рачунарских алата и конвенционалних метода пружа елементе за побољшање мотивације студената, као и за дискусију и сарадњу на основу њихових истраживачких искустава. Комбинација конструктивистичке теорије учења и примена технологије води до најбоље примене софтверских алата у реализацији наставе са циљем њеног олакшања и побољшања (Rakes, Fields & Cox, 2006).

2.2. Информационо-комуникационе технологије у образовању

Дигиталне технологије су већ неколико деценија укључене у све делове друштва и сегменте живота. Данас је готово незамисливо функционисање света без технологије. Термину информационе технологије (ИТ) (eng. Information Technology - IT) који обухвата рачунарски хардвер и софтвер, придружене су и комуникационе технологије, јер је тешко замислити рад са рачунаром који није повезан на мрежу, тако да се термин информационо-комуникационе технологије (ИКТ) (eng. Information and Communications Technology - ICT) и термин ИТ користе као синоними. ИКТ представљају скуп технолошких ресурса и алата за комуникацију, креирање, дистрибуирање и чување података. Као такав скуп технологија које су развијене за ефикасније информисање и комуникацију, ИКТ су промениле приступ знању и начин комуникације. Управо из тог разлога дигитални алати имају важну улогу и у васпитно-образовном процесу, отварају бројне могућности и перспективе у образовању које треба сврсисходно искористити. Вештине везане за ИКТ су одлучујуће за конкурентност националних економија и повећање могућности за нове послове и запошљавање ("Сл. гласник РС", бр. 51/2010).

2.2.1. Интернационалне смернице за примену дигиталних алата у образовању

У области примене савремених технологија, неколико глобалних институција је успоставило оквире и упутства за подршку националних смерница за интеграцију технологије у образовање. Ове институције укључују United Nations Development Programme (UNDP), Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), International Telecommunication Union (ITU), International Society for Technology in Education (ISTE) и European Schoolnet. Све ове иницијативе указују на важност приступа технологији за све ученике, затим на потребу за обуком наставника и њихов професионални развој у коришћењу технологија, као и на интеграцију технологија у све аспекте наставног плана и програма, укључујући и коришћење технологија за оцењивање и евалуацију. Осим тога, указују и на потребу за партнерством владе и приватног сектора за подршку технолошким иницијативама у образовању (НПС Републике Србије, 2013).

Иницијатива UNDP-а „Дигитално обећање“ фокусира се на промовисање употребе ИКТ-а у образовању, пружајући смернице и оквире за е-учење и интеграцију технологије у образовање. Међународно удружење OECD-а за вредновање образовних постигнућа има за циљ да развије и примени међународне смернице за употребу технологије у образовању, са фокусом на унапређење процеса оцењивања и евалуације. Са друге стране, ITU се фокусира на побољшање приступа технологији и телекомуникацијама за образовање, и пружа смернице и најбоље праксе за коришћење технологије у образовању. Такође, ISTE обезбеђује стандарде и смернице за ефективну употребу технологије у образовању, укључујући најбоље праксе за е-учење и интеграцију технологије у наставни план и програм. Док је European Schoolnet мрежа европских министарстава образовања која ради на промовисању употребе технологије у образовању и пружа смернице и најбоље праксе за е-учење.

Иако ове иницијативе деле заједничке циљеве, важно је критички проценити њихову ефикасност у постизању истих и њихов потенцијални утицај на квалитет образовања. На пример, обезбеђивање технологије и инфраструктуре не мора нужно довести до побољшања исхода учења ученика ако наставници нису опремљени неопходним вештинама да ефикасно интегришу технологију у своје наставне праксе. Поред тога, нагласак на технологији за оцењивање и евалуацију можда неће тачно одражавати учење ученика и може дати предност употреби технологије у односу на значајније облике оцењивања. Зато велику важност имају националне иницијативе, које глобалне смернице прилагођавају националном контексту, специфичним појединостима развоја друштва и образовања, као и јединственим потребама ученика и наставника (НПС Републике Србије, 2013; „Сл. гласник РС“, бр. 63/2021).

2.2.2. Стратегија развоја дигиталних вештина у Републици Србији

Влада Републике Србије је донела Стратегију развоја дигиталних вештина у Републици Србији за период од 2020. до 2024. године („Сл. гласник РС”, бр. 21/2020) која: “уређује развој дигиталних вештина становништва са циљем коришћења потенцијала савремених информационо-комуникационих технологија. За развој дигиталних вештина и оспособљавање за коришћење потенцијала савремених ИКТ алата сектор образовања је препознат као кључни сектор који омогућава и доприноси развоју ових компетенција и вештина путем формалног и неформалног образовања. Због брзог напретка у области ИКТ-а, ова стратегија наглашава неопходност континуираног унапређивања дигиталних компетенција путем усаглашавања програма наставе и учења са вештинама за 21. век“.

Како су ИКТ део наше свакодневице, не поставља се питање да ли их треба примењивати у настави и учењу већ како их осмишљено и оптимално имплементирати. Увођење нових савремених технологија у наставу (математике) не значи да треба одбацити старе класичне методе, већ повећава и побољшава могућности за учење. Многи аутори истичу предност учења уз помоћ рачунара, а посебно њихову мултимедијалност и интерактивност. Докторска дисертација Илић (Пић, 2020) се делом темељи на резимеу релевантних истраживања (Fu, 2013) о употреби ИКТ-а у образовању. Цитирам (Пић, 2020, стр. 9): „Уочене су вишеструке предности које се могу постићи применом ИКТ-а у образовању:

- подршка студентима у ефикасном и ефективном приступу дигиталним информацијама,
- подршка учењу усмереном на самостални рад,
- стварање креативног окружења за учење,
- подршка за колаборативно учење и учење на даљину,
- могућности за развијање вештина критичког размишљања,
- повећање мотивације ученика,
- сваки ученик усваја знање према својим предиспозицијама,
- интерактивни материјал поспешује бољу пажњу ученика,
- образовни програми који се користе у настави могу да садрже кратке тестове после сваке наставне јединице, тако да ученици могу брзо да добију повратну информацију која их додатно стимулише,
- конципирани програми омогућавају визуелизацију градива предвиђеног за усвајање, који позитивно утиче на ученика,
- ученици брже и лакше стичу ново знање, чак и ученици са посебним потребама,
- не спутава се индивидуални развој ученика,
- даје се могућност ученицима да решавају домаћи задатак или да учествују у ваннаставним активностима,

- коришћење Интернета ученицима омогућава приступ за усвајање нових знања,
- наставници имају могућност квалитетног представљања датих наставних јединица,
- подстиче бољу и брзу сарадњу наставника и ученика,
- побољшање квалитета предавања и учења,
- подршка настави кроз олакшан приступ садржају курсева,
- наставници имају преглед повратних информација о усвојеном градиву и стеченом знању,
- наставници имају слободу да изаберу које ИКТ ресурсе ће користити у свом наставничком раду“.

Дакле, образовање које користи интерактивне медије значајно добија на квалитету јер се дигиталне информације комбинују са анимацијом, сликом и звуком. Интерактивни наставни садржаји делују комплетније јер дају потпунију информацију и позитивно стимулишу мотивацију код ученика. Избор наставних софтвера и креативних алата за учење (који између осталог повећавају и индивидуализацију у настави) многобројан је. У наставку ће бити дискутован део наставних софтвера и дигиталних алата за које емпиријске студије, као и практична искуства, истичу да доносе различите бенефите за образовни процес.

2.2.3. Наставни софтвери и дигитални алати за учење

Системи за управљање учењем (eng. Learning Management Systems – LMS) омогућавају управљање, дистрибуцију и објављивање наставних материјала за различите курсеве, као и праћење активности корисника (Paulsen, 2002; Sakova & Chevereva, 2021). Већина онлајн и комбинованих наставних окружења користи LMS¹ платформе за учење које су веома прилагодљиве, имају велике дидактичке могућности и широк спектар педагошких алата (као на пример: могућност интегрисања видео материјала, презентација, разних тестова, форуме за дискусију, чет за ћаскање итд.). Овакве платформе су једноставне су за коришћење јер не захтевају посебне техничке вештине, као ни сложену техничку инфраструктуру.

PowerPoint² је програм за израду мултимедијалних презентација (омогућава додавање ефеката, слика, звукова, хиперлинкова и сл.). Често се користи у настави као и приликом различитих излагања на семинарима или конференцијама јер визуелно потпомаже излагање и одржава фокус публике због своје форме и мултимедијалних могућности. Неке од практичних предности PowerPoint презентација у настави су:

¹ LMS је скраћеница која се не преводи.

² PowerPoint је термини који се не преводи.

једноставно креирање презентација, могућност поновног коришћења, брза и једноставна могућност измене садржаја као и доступност готових презентација на интернету. Постоје многобројна истраживања која су се бавила употребом PowerPoint презентација у образовању (нпр. Szabo & Hastings, 2000; Craig & Amernic, 2006; Bernard & Chotimah, 2018).

Видео материјали представљају једно од савремених наставних средстава. Како су то медији блиски омладини (ученицима и студентима) треба их искористити на прави начин. Уз помоћ видео материјала се могу визуализовати и илустровати нови наставни садржаји што поспешује разумевање градива као и мотивацију ученика. Осим тога, велика предност видео материјала је неограничена доступност (уколико су материјали постављени на интернету или на одређеној платформи за учење). У настави се могу користити снимана предавања наставника, као и образовни видео материјали који су специјално дизајнирани и креирани за наставу (у оба случаја квалитет материјала зависи од креативности предавача). Процес израде образовних видео материјала објашњен у раду (Петковић и Марић, 2015) најчешће се састоји од три кључне фазе: припреме за снимање, снимање видеа и обраду снимљеног материјала (постоји много алата за монтажу и едитовање видео материјала (нпр. Windows Movie Maker, CapCut, iMovie, VideoPad и други)). Поред тога, у настави се могу користити и већ припремљени наставни/образовни материјали који су доступни путем интернета (на пример, проналажење и коришћење адекватних видео записа са YouTube-а). Неопходно је напоменути да у том случају треба користити проверене изворе (на пример, официјалне видео материјале одређених универзитета), јер има непоузданих и нетачних информација (на пример, видео материјала на којима су задаци погрешно решени). Многобројне студије које су се бавиле овом темом говоре о позитивном утицају YouTube видео материјала у настави (Snelson, 2011; Khan, 2017; Insorio & Macandog, 2022).

Онлајн тестови за самопроцену знања представљају други вид подршке у учењу. Ови интерактивни тестови су најчешће дизајнирани да помогну студентима у анализирању наученог и даљем планирању учења. Самооцењивање повећава интересовање и ниво мотивације студената што води ка побољшању њиховог академског учинка и помаже им у развоју критичких вештина за анализу сопственог рада (Sharma et al., 2016). Тестови, као и други дигитални модели за самопроцену, позитивно утичу на студентски приступ учењу, њихову перцепцију сопствених способности и начин на који гледају на учење и оцењивање (Häsä, Rämö & Nieminen, 2021). Студија (Ćukušić, Garača & Jadrić, 2014) такође показује позитивне ефекте онлајн тестова за самопроцену (као формативну стратегију оцењивања) на успех ученика. Вредновање и имплементација тестова за самопроцену знања, препознао је и Завод за унапређивање образовања и васпитања (ЗУОВ) Републике Србије. У оквиру пројекта „Самопроцена знања 2020“ ученици су имали прилику да путем онлајн платформе за електронско учење, самостално процене своје знање и припремљеност за предстојећи завршни испит. Очекује се да ће овај облик подршке у будућности ући у редовну образовну праксу (ЗУОВ, 2020).

Постоји велики број алата за онлајн видео комуникацију и друштвено умрежавање (нпр. Zoom, Skype, Webex Meeting и други). Zoom апликација је једна од најраспрострањенијих апликација која се користила за емитовање онлајн видео предавања у реалном времену за време пандемије (Министарство просвете, науке и технолошког развоја препоручило је ову бесплатну апликацију). Ова апликација омогућава корисницима видео и гласовну везу (под условом да уређај којим приступају састанку/часу технички подржава то - има камеру и микрофон), као и активно учествовање путем чета или директног укључивања. Осим тога, наставник (као и студент уз његову дозволу) може поделити екран и приказати наставни материјал. Zoom апликација поседује и „Напредне опције“. Наставник може снимати предавања (као и студент уз његову дозволу), а касније поделити снимак са студентима (на некој другој платформи тако да одсутни студенти могу одложено да прате предавања или их прегледавају више пута.). Снимак укључује презентацију (тј. дељени екран) као и сву гласовну или писану интеракцију која се одвијала на часу. Постоји велики број студија које су изучавале утицај Zoom апликације на наставу и учење током пандемије Ковид-19 (Sutton-Brady, 2021; Serhan, 2020).

Јасно је да ИКТ доносе многобројне дигиталне алате који пружају низ могућности и прилика да се олакша приступ образовању, било лично или на даљину. Ипак, литература као и искуства из праксе истовремено истичу да се ученици/студенти и наставници суочавају са низом изазова. Уколико се алати не прилагоде потребама наставног процеса и не користе смислено и организовано, ИКТ неће остварити свој потенцијал. За увођење нових ИКТ-а и адекватно извођење наставе потребна је припрема наставника и технолошка инфраструктура (Al-Faki & Khamis, 2014). Према истраживању (Ertmer, 1999) препреке за успешну интеграцију ИКТ-а у учионице се могу поделити у две главне категорије: препреке првог реда – тј. спољашње препреке као што је недостатак опреме, неадекватна техничка и административна подршка и сл., и препреке другог реда – тј. оне које се односе на наставу и учење, као на пример успостављене навике у предавању градива и неспремност да се оне промене, вештине коришћења рачунара, улоге наставника и ученика, праксу оцењивања и сл. Прва група препрека се може уклонити набавком опреме и организовањем адекватне обуке, док је уклањање друге групе препрека изазовније и веома тешко уколико наставници нису отворени за интеграцију ИКТ-а и наставе. Интеграција технологије у наставу представља процес у којем наставници треба да савладају и примене одговарајуће технологије како би ученицима обезбедили боље и ефикасније учење, што није једноставно (Gorder, 2008).

Модерно образовање које користи интерактивне мултимедијалне садржаје, знатно је квалитетније и пружа потпуније информације од класичних метода наставе. Када се говори о постигнућима правилне примене ИКТ-а у настави, докторска дисертација Илић (2015, стр. 35) се позива на наводе Вилотијевић Младена:“

- Савремена информациона и комуникациона технологија омогућује да се на неупоредиво вишем квалитативном нивоу реafirмише индивидуални облик наставе

којим је и почела историја образовања. У таквој настави циљ и задаци су прилагођени моћима сваког појединца.

- Настава се заснива на системском приступу, на чврстој међузависности свих елемената, а сваки од њих делује у складу са унапред постављеним циљем. Сазнајни процес је организован као двосмерни информативни ток. Повратна информација прати сваки корак наставне активности, па ученици увек знају шта су и колико научили, а наставник у којој је мери остварио задатке у свакој етапи наставног процеса.
- Сазнајни процес се рационализује и постаје ефикаснији јер у њему нема празних ходова. Време се максимално користи. Отклања се велика слабост традиционалне наставе у којој сви ученици пасивно слушају док један „одговара“. Наставни рад се интензивира.
- Настава постаје богата и разноврсна ако се информатичка технологија умешно користи. Задаци се могу давати на разним нивоима сложености што мотивационо делује на ученике. Информације се могу преносити разним језицима – сликом, скицом, шемом, речју, тоном – што наставни рад чини динамичним и занимљивим.
- Извори знања се умногостручују. Ученик више није упућен само на наставничко говорење и на информације из уџбеника. Постају му доступне богате базе знања. Може се ослонити на знање најпознатијих стручњака и методичара који су обрадили неку тему.
- Информатичка технологија се користи за брзо обављање многих рутинских послова (израчунавања, цртања шема, преписивање и др.) па ученику и наставнику остаје много више времена за стваралачки рад.
- Учионички амбијент се мења. Класичне учионице са статичним зидовима, пројектоване за фронтални рад, за седење „у потиљак“, постају сметња унапређивању наставе. Неопходни су мобилни простори који се, зависно од потреба, преградама могу трансформисати за рад у мањим групама, за пленарни рад, тимску наставу, за изложбе и приредбе.
- Отварају се велике могућности за учење на даљину и за садржајно учење изван школских зидова. Ученик и код куће, користећи средства информатичке технологије, може да користи знања најпознатијих експерата.
- Позиција наставника се мења. Уместо предавачко-испитивачке улоге, тежиште његове активности се преноси на припрему и организацију наставе, на подстицање ученика и сарадњу са њима (Вилотијевић, 2003: 18-19).

За неопходне промене у настави постоје три услова: имати, знати и хтети. Први услов треба да испуни друштво, а друга два ми који радимо у настави и бавимо се њоме“.

Дакле, информациона и комуникациона технологија дају добру основу за креативну употребу знања. Знање и интелигентно коришћење информација су кључни фактори за развијање привреде. ИКТ су постале незаобилазан сегмент у развоју друштва, самим тим

диктирају смер и интензитет којим ће се друштво кретати у будућности. Оспособљавање и школовање младих људи данас, не сме изоставити ИКТ из процеса образовања јер је примена технологија довела друштво у стадијум, да се ИКТ вештине, поред читања, писања и рачунања сматрају елементарном писменошћу.

Стратегија развоја дигиталних вештина у Републици Србији за период од 2020. до 2024. године ("Сл. гласник РС", бр. 21/2020) у делу који се односи на стицање дигиталних компетенција у образовању истиче: „Школе и наставници играју кључну улогу у учењу и развоју дигиталних компетенција, не само тиме што омогућавају рано излагање рачунарима, софтверу и интернету, већ и развијањем размишљања које код ученика подстичу радозналост и омогућавају прилагодљивост. Осим тога, образовни систем има могућност да врши широке измене на националном нивоу, с обзиром на ширину територије коју покрива и број младих људи до којих допире. Развојем савремених дигиталних технологија отвориле су се и нове могућности за унапређење образовног процеса које омогућавају ученицима да брже и квалитетније савладају градиво и да њихово знање буде знатно применљивије у будућем животу и раду. У том смислу креирају се дигитални наставни садржаји који подразумевају и другачији процес учења у односу на традиционални, што је неопходан предуслов и за обезбеђивање конкурентности привреде.“

2.2.4. Типови наставног окружења

Наставно окружење представља амбијент у којем се изводи настава као и начин на који се она реализује. Евидентно је да постоји велика разноликост у методама извођења наставе између наставника индивидуално. Анализа Ален и Симан (Allen & Seaman, 2003) приказује прототипски опис различитих типова наставног окружења дефинисаног кроз појединачне курсеве на следећи начин:

- Традиционални курс (лицем у лице) подразумева курс без употребе онлајн технологије - садржај се доставља писмено или усмено.
- Традиционални курс олакшан вебom је курс који користи технологију засновану на вебу (од 1 до 29% садржаја курса се испоручује онлајн), да олакша оно што је у суштини курс лицем у лице. На пример, користи неке софтвере или платформе за постављање наставног плана и задатака.
- Комбиновани или хибридни курс подразумева курс који је комбинација онлајн и традиционалног курса. Значајан деo садржаја се испоручује онлајн (од 30 до 79% садржаја курса се испоручује онлајн), обично користи онлајн дискусије, али има и састанке лицем у лице.

- Онлајн курс подразумева курс где се велика већина садржаја испоручује онлајн (више од 80% садржаја курса се испоручује онлајн) и обично нема састанака лицем у лице.

2.2.4.1. Традиционално наставно окружење

Посматрано кроз историју, учење се одвијало тако што је сваки ученик имао свог (личног) учитеља. Дакле, можемо рећи да је прва настава била организована „један на један“. Данас тај облик наставе називамо индивидуална настава, њена предност је фокусираност наставника на ученика и обрнуто, тако да ученик може брже и лакше да напредује. Учење се потом одвијало у мањим групама, а како су расле потребе друштва, тако је расла и потреба за масовнијим образовањем. Јан Амос Коменски (Jan Amos Komenský) је својевремено направио револуционарни преглед педагошког концепта, сагледавши слабости образовања. Он у „Великој дидактици“ даје прву типологију ученика, образовни садржаји су подељени на предмете и уведен је наставно-часовни систем са познатим одликама карактеристичним и за данашњи модел школе и традиционалне наставе (Komenski, 1997). Осим тога, образовање је тада постало доступно и нижим друштвеним слојевима.

У основи традиционалне наставе је заправо потреба за масовним образовањем (тј. захтеви друштва за већим бројем писмених људи). Када кажемо традиционална настава, подразумевамо да се она одвија у класичној учионици која представља мирно место где ученици имају пасивну улогу, док наставник има активну улогу у учењу. Наставник традиционалне наставе најчешће користи фронтални облик рада (Вилотијевић, 1999). Дакле, наставник исто градиво објашњава и излаже свим ученицима док су они концентрисани на наставникову активност, питања која наставник поставља су такође упућена свим ученицима тако да један ученик одговара, а остали слушају његов одговор. Фронтални облик рада тако углавном резултира једносмерном комуникацијом, ученици нису довољно активирани и активни у раду што негативно утиче на њихову мотивацију, осим тога индивидуални напредак ученика је онемогућен. Лазаревић (Lazarević, 2005) у свом раду наводи да су Џон Лок (John Locke) и Жан-Жак Русо (Jean-Jacques Rousseau) развијали идеје о индивидуализацији васпитања и образовања које су уважавале природни развој деце. Индивидуализација наставе и учења се појавила као реакција на традиционалну наставу, јер неки ученици уче брже, а неке спорије тако да не би требало да буду подучавани сви на исти начин. Пијаже (Jean Piaget) је истицао да наставник треба да има у виду интелектуални и социјални ниво ученика како би у складу са тиме организовао и прилагодио наставу. Један од недостатака традиционалне наставе се посебно огледа у домену индивидуализације наставе и учења, као и подизању унутрашње и спољашње мотивације.

Традиционално учење развија механичко памћење ученика где је акценат на репродуковању, а не на примени знања, вештина и способности. Описана традиционална настава је раније била веома задовољавајућа и усклађена са потребама друштва, али данас квалитет традиционалне наставе не може у потпуности да задовољи потребе савременог друштва. Модерно друштво поставља нове стандарде, захтева од ученика прикупљање, анализирање и управљање информацијама односно функционално и употребљиво знање. Чињеница је да већина ученика најбоље учи кроз активан рад са новим концептима и идејама, кроз решавање реалних проблема, креирање презентација, истраживачки рад, као и постављање питања након којих би требало да уследе дискусије и расправе које воде до одговора. Заправо, улога наставника у савременој школи је да подстиче и наводи ученике на размишљање, усмерава их и саветује тако што им даје простора да самостално долазе до закључака и на тај начин формирају нова дуготрајна знања. То би требало да буде циљ образовања без обзира на наставно окружење.

Када сагледамо наведено, јасно је да је традиционална настава морала да се трансформише кроз време. Она данас користи комбиноване методе рада, различита наставна средства и покушава да развије и одржи индивидуализацију наставе у одређеној мери. Овакав тип наставног окружења је у Србији и даље примаран и основни начин организоване наставе. Традиционално наставно окружења подразумева физичко присуство на часу и директну комуникација ученика/студената са наставником и осталим учесницима наставног процеса, што им пружа социјалну интеракцију и омогућава стицање праксе која је веома драгоцену. Овим неоспорним предностима традиционалне наставе пркоси развој ИКТ-а и интернета (као веома богатог извора информација) који је у данашње време лако доступан. Нове технологије намећу своје предности и поспешују онлајн учење као алтернативу традиционалној настави са тенденцијом да је потисну.

2.2.4.2. Онлајн наставно окружење

Последњих неколико деценија учење на даљину са свим варијацијама добија на значају и постаје све популарније. У почетку се учење на даљину одвијало путем телефонског комуницирања и дистрибуције штампаног материјала наставних садржаја путем поште. Касније су коришћени и дистрибуирани аудио и видео снимци са штампаним материјалом (Hannay & Newvine, 2006). Са развојем технологије, интернет је добио кључну улогу у учењу на даљину. Као резултат тога, најчешћи облик учења на даљину који добија на значају је онлајн и комбиновано учење (Bates, 2005; Hannay & Newvine, 2006; Vanslambrouck et al., 2018).

Иако постоји много дефиниција онлајн и комбинованог учења, у литератури је прихваћено да је онлајн учење стил образовања где се сваки сегмент процеса наставе и учења остварује онлајн, односно коришћењем интернета (Ally, 2008; Bates, 2005). Ово

укључује дељење материјала, комуникацију између наставника и студената, комуникацију међу студентима, колоквијуме итд. С друге стране, комбиновано учење представља комбинацију онлајн и традиционалног учења. Такође, појмови „онлајн учење“ и „е-учење“ се често користе као синоними, али их треба разликовати, јер се сваки облик учења заснованог на савременој технологији може сматрати е-учењем, док се онлајн учење заснива првенствено на коришћењу интернета (Bates, 2005). Последњих неколико година, посебно током пандемије Ковид-19, онлајн учење добија на значају (Stevanović, Božić & Radović, 2021; Greenhow, et al., 2022; Stevanović, Božić & Štrboja, 2023), развијени су бројни сервиси за комуникацију, дељење материјала и испитивање.

Онлајн наставно окружење пре свега помера и проширује временске и локацијске границе у односу на традиционално образовање. Осим тога онлајн образовање излази из оквира учионице са којом су и студенти и наставници добро упознати. Поставља се питање да ли ће потенцијална побољшања онлајн окружења за учење бити довољна да компензују традиционално искуство у настави? Студија Ален и Симан (Allen & Seaman, 2003) даје позитивне одговоре на претходне дилеме. Поменута студија започела је 2002. године тако да не постоје претходне анкете за директно поређење, али постоје подаци о употреби интернета и учењу на даљину (Sloan-C View, Volume 2, Issue 1, 2003). Према тим подацима процењује се да је отприлике 744.000 студената похађало најмање један курс онлајн у јесен 1999. године, што у односу на споменуту студију (Allen & Seaman, 2003) представља годишњу стопу раста од преко 25% за трогодишњи период. Међу америчким студентима у јесен 2002. године 11% студената (што је преко 1,6 милиона студената) је похађало најмање један онлајн курс док је преко једне трећине ових студената (578.000) похађало све своје курсеве онлајн. Предвиђало се да ће се број студената који похађају најмање један онлајн курс повећати за 19,8% током једногодишњег периода од јесени 2002. до јесени 2003. године. Споменута студија истиче да се узлазни тренд раста наставља и да је врхунац уписа у онлајн наставно окружење вероватно удаљен неколико година.

Студија (Allen & Seaman, 2007) која годинама уназад (од 2002. године) прати упис студената на америчким универзитетима јасно истиче раст уписа на онлајн и комбиноване студијске програме. Резултати ове студије откривају да је студентима најчешћи разлог за онлајн курсеве и програме побољшан приступ, док смањење трошкова не сматрају тако важним разлогом. Осим тога, велики број испитаника указује на привлачност онлајн наставе за нетрадиционалне студенте. Студија (Seaman, Allen & Seaman, 2018) потврђује ранија очекивања, да упис на онлајн студије у САД-у расте четрнаесту годину заредом, чак брже него претходних неколико година. Занимљиво је откриће да практично ниједан упис на даљину (онлајн) није међународни, тј. само 0,7% свих студената на даљину се налази ван Америке, као и чињеница да је од 2002. до 2012. године растао и укупан број уписаних студената и број онлајн студената док је након тога, четири године заредом, укупан упис опадао за разлику од онлајн уписа који је наставио да расте. Споменуте студије - извештаји користе податке Интегрисаног система података о вишем образовању (Integrated

Postsecondary Education Data System (IPEDS)) прикупљене у оквиру анкета о јесењем упису које сваке године спроводи Национални центар за образовну статистику Министарства образовања Сједињених Држава (U.S. Department of Education's National Center for Educational Statistics (NCES)).

Први заговорници онлајн учења су се суочавали са многобројним изазовима, као што је на пример перцепција да ће квалитет онлајн наставе увек бити инфериорнији од квалитета директне - традиционалне наставе. Преовладало је уверење да је традиционална настава незаменљива, да су суштина и квалитет наставе заправо интеракција лицем у лице. На та уверења је вероватно велики утицај имало и, не тако позитивно, искуство претходних генерација са „дописних курсева“. Многе институције високог образовања већ деценијама развијају своје програме, понуду курсева и методе извођења, тако да је огроман изазов убедити их у вредност новог и непровереног метода извођења наставе. Неопходно је уочити значајну предност новог метода испоруке – онлајн наставног окружења како би институције високог образовања разматрале његово усвајање. Резултати студије (Allen & Seaman, 2003) откривају ставове испитаника према квалитету курсева који су у онлајн понуди. Већина академских лидера у области образовања у Америци верује да ће исходи на онлајн курсевима бити једнаки или бољи од оних на традиционалним курсевима у року од три године. Има и оних који остају конзервативнији у погледу квалитета онлајн образовања и његову способност да се изједначи са традиционалним учењем. Без обзира на то, резултати су указивали да се очекује укупна стопа раста од скоро 20% у броју студената који студирају онлајн од јесени 2002. до јесени 2003. године и наводе да ће се студенти уписати када им се пружи могућност да похађају курс онлајн, што се и показало тачним (Allen & Seaman, 2007).

На питање „Да ли су резултати онлајн учења на мрежи упоредиви са традиционалним учењем лицем у лице?“ извештаји серије истраживања (Allen & Seaman, 2014) откривају да већина академских лидера оцењује исходе учења за онлајн образовање „једнако или боље“ од оних за предавања лицем у лице и очекују да ће онлајн понуде наставити да се побољшавају. Овај тренд бележи пораст од 2003. године са 57% на 77% у 2012. години, док је 2013. године забележен благи пад на 74%. Са друге стране постоје јасни показатељи да и студенти и институције полако и у све већој мери прихватају онлајн учење, као и докази који потврђују да академски лидери верују да је квалитет онлајн понуде у успону (Allen & Seaman, 2014). Док на питање „Које су препреке широком усвајању онлајн образовања?“ испитаници студије (Allen & Seaman, 2007) као најкритичнију баријеру истичу потребу за већом самодисциплином онлајн студената (што одговара резултатима претходне анкете), затим велике трошкове за развој наставних материјала и испоруку онлајн наставе (за институције које немају развијене али планирају онлајн програме). Академски лидери не верују да постоји недостатак прихватања онлајн диплома од стране потенцијалних послодаваца, за разлику од својих колега који не учествују у онлајн програмима.

Када се говори о будућности онлајн наставе студија (Allen & Seaman, 2014) открива да главни академски лидери, чак 90% њих, чврсто верују да ће број студената који похађају онлајн курсеве наставити да расте, верују да је „вероватно“ или „веома вероватно“ да ће већина свих студената високог образовања похађати барем један онлајн курс за пет година. Сплетом ванредних околности предвиђања су се обистинила. Током пандемије Ковид-19, онлајн учење је постало скоро свеприсутно (McElrath, 2020). Испитаници претходно поменуте студије (Allen & Seaman, 2014) су били подељени око других аспеката будућности онлајн учења. Две трећине њих (главних академских лидера) верује да ће у будућим онлајн курсевима бити значајна употреба компоненти усмерених на студенте и самостални темпо учења, а осим тога мање од једне трећине академских лидера верује да више неће бити забринутости око релативног квалитета онлајн курсева. Занимљиво је и да резултати студије (Allen & Seaman, 2014) указују да већина испитаника-институција (и то оних са најпозитивнијим ставовима о онлајн образовању и највишом стопом онлајн уписа) мисли да је студентима потребно више дисциплине да би успели на онлајн курсу него на традиционалном курсу, што имплицира да те институције не виде потребу за повећаном дисциплином ученика као фактор који кочи или успорава онлајн образовање. Институције које немају онлајн програме у својој понуди се не слажу са ставом својих колега, сматрају да онлајн настава не захтева велики напор и дисциплину студената и управо то је један од разлога зашто их ни немају.

По мишљењу студената, настава на даљину је веома погодна за управљање временом, смањење трошкова као и за неке ванредне околности (као на пример прехлада/болест, кратко путовање, пословне обавезе/запосленост итд.). Такође, неки од студената су истакли да им је много лакше да присуствују часу коришћењем рачунара (Kutluk & Gulmez, 2012; Stevanović, Božić, & Radović, 2021). Позитиван аспект учења на даљину је и могућност да студенти прилагоде своје методе учења (Mulenga & Marbán, 2020).

Међутим, постоје и негативни аспекти наставе на даљину. Наставницима је било теже да уоче разлике међу студентима и стога нису у стању да у одговарајућој мери предвиде индивидуалне потребе студената (Vanslambrouck et al., 2018). Најзначајнији недостаци учења на даљину односе се на испитивање. Наиме, ту су проблеми са дизајном тестова, могућност варања, недостатак мотивације, повећана анксиозност, технички проблеми и недовољна дигитална писменост. У истраживању које су спровели Кутлук и Гулмез (Kutluk & Gulmez, 2012), студенти су изразили незадовољство могућностима комуникације са наставницима. Превазилажење проблема у комуникацији било би веома важно за успешну реализацију онлајн учења, јер директно утиче на задовољство ученика квалитетом наставе (Palmer & Holt, 2009).

Последњих неколико година препоручује се примена учења на даљину – онлајн и посебно комбинованог учења у образовним системима (Fidalgo et al., 2020). Међутим, због пандемије Ковид-19, скоро сви образовни системи у свету су морали да укину традиционалну наставу и примењују онлајн учење у 2020. години. У овим околностима

важно је проучити доступну технологију како би се унапредио квалитет онлајн учења (Dhawan, 2020). Такође, важно је побољшати пажњу и мотивацију студената и, посебно, смањити притисак на њих (Allam et al., 2020). Најновија истраживања су показала да има доста простора за унапређење квалитета образовања на даљину (онлајн) (Doghonadze et al., 2020; Wotto, 2020).

2.2.4.3. Комбиновано наставно окружење

Због уочених недостатака учења на даљину, посебна пажња се поклања комбинованом учењу (Tortas & Oztor, 2021). Комбиновано учење представља комбинацију традиционалног учења и онлајн учења. У литератури не постоји јединствена дефиниција комбинованог учења, али се већина истраживача слаже да је комбиновано учење модел који се може користити у учењу које укључује активности лицем у лице и коришћење технологије, укључујући учење на даљину (Fitri & Zahari, 2019). Комбиновано учење се сматра једним од важнијих покретача реформе образовања данас. Овај вид наставе и учења омогућава и повећава могућности, како наставницима тако и студентима јер нуди флексибилност у комуникацији са другима у образовном окружењу, начину на који се преносе и примају информације, како се гради знање и како се процењује оно што је предавано или научено.

Комбиновано учење може обухватати велики спектар активности за студенте као и различите начине организовања образовног процеса. Студија Дзибан и сарадници (Dziuban et al., 2016) наводи неколико примера комбинованог учења: овај вид наставе и учења се може разложити на неколико компоненти па се тако на пример део курса обрађује лицем у лице са професором, а део онлајн или да се експлицитно раздели по часу. Затим се може организовати тако да се пар курсева прати онлајн где студенти добију пројектне задатке који преклапају те курсеве и захтевају колаборативни рад, састанке лицем у лице, учестале презентације и континуирану комуникацију између учесника. Осим тога, не може се занемарити све већа популарност интегрисања видео конференција, подкаста, YouTube видео записа, блогова и других медија у едукативном процесу који полако замагљују некада јасније и уочљивије границе у комбинацији појединачних делова и на тај начин унапређује и проширује дефиницију комбинованог учења.

Најизраженије предности комбинованог (као и онлајн) учења су флексибилност у погледу приступа материјалу са било ког места у било које време и могућност да ученици контролишу темпо учења (Setyaningrum, 2018). Ове, као и друге, карактеристике указују на то да онлајн и комбиновано учење помера акценат са наставе на учење, што омогућава студентима да се више укључе у процес учења. Активно укључивање у процес учења доприноси побољшању њихове истрајности и посвећености. Поред наведеног, померање акцената са наставе на учење омогућава стварање погодног окружења за

конструктивистичко учење, чиме се побољшава квалитет и трајност знања студената (Božić et al., 2019). Показало се и да ови модели учења имају позитивне ефекте на исходе учења ученика и њихове ставове у вези са проучавањем математике и математичке анализе (Lin, Tseng, & Chiang, 2016; Mitrović, Božić, & Takači, 2022).

2.2.5. Поређење наставних окружења

Када посматрамо три претходно споменута наставна окружења (традиционално, комбиновано и онлајн), оно што се сигурно не може занемарити на страни традиционалне наставе јесте физичко присуство на часу и директна комуникација студената са наставником и осталим учесницима наставног процеса. Значај социјалне интеракције не треба занемарити. Непосредна комуникација, учествовање у дискусијама, постављање питања и директно ангажовање студената пружа им и развија практичне вештине. Те вештине могу бити од круцијалног значаја, како за развој знања, размену различитих перспектива о наставном материјалу, тако и као један од алата за будућу каријеру. Дакле, традиционално наставно окружење пружа социјалну интеракцију и омогућава стицање праксе што је веома драгоцено, док су студенти у онлајн наставном окружењу усредсређени само на себе и свој рад.

Што се флексибилности тиче, наклоњена је онлајн наставном окружењу, али не треба занемарити чињеницу да постоји велики број студената који је навикао на традиционално наставно окружење, фиксиран распоред часова и учионицу. Тој групи студената флексибилност не би одговарала, јер им превише слободе и самоорганизација рада нарушавају концентрацију, некоме је једноставно потребан неко ко ће га водити кроз наставни процес. Са друге стране, онлајн наставно окружење је много флексибилније јер нема фиксиран распоред часова и одређено време када се студент мора појавити на факултету, већ наставу може пратити у складу са сопственим распоредом, где год и кад год се организује. Потребан је интернет, рачунар као и добра воља и концентрација за учење. Ово јесте велика повољност и „плус“ за онлајн наставу али такође захтева велику дозу саморегулације учења. Студент сам себи треба да организује време учења, да одабере и прилагоди наставни материјал (уколико га не добије од наставника), мотивише и задржи самог себе у онлајн наставном окружењу што може бити веома захтевно ако студент нема јасан план, рок или циљ испред себе. Дакле флексибилност треба бити усклађена са индивидуалним потребама студената.

Комбиновано наставно окружење би требало да комбинује најбоље од оба, флексибилност онлајн наставног окружења са непосредном комуникацијом и интеракцијом лицем у лице карактеристичном за традиционалну наставу. Додатна предност је уколико је читав процес комбиноване наставе вођен од стране наставника који подразумева и даје

студентима одређену дозу флексибилности али и рокове у оквиру којих наставни задаци треба бити реализовани.

Мотивисаност студената је један од главних предиктора за успешан процес учења. У зависности од наставног окружења разликује се и мотивација студената (тема мотивације је посебно обрађена и дискутована у поглављу 2.5). Традиционално наставно окружење данас карактерише низак степен мотивисаности ученика и доминира спољашња мотивација. Ученике најчешће мотивише жеља да задовоље очекивања родитеља и наставника, да се не осрамоте пред вршњацима, и да не оставе лош утисак, као и жеља да добију добре оцене због даљег школовања. Ученици су пасивнији јер се њихова активност своди на праћење излагања наставника и они тада ретко увиђају да су одговорни за своје учење, јер често немају активну улогу у учењу (слабо претражују информације, ретко решавају практичне проблеме и уче путем симулација и експеримената). Унутрашња мотивација ученика такође слаби услед неусклађености наставе са потребама и могућностима ученика. Претходно наведено је у супротности са онлајн наставним окружењем где је ученик свестан своје активности и улоге у процесу саморегулисаног учења, самим тим и унутрашње мотивисан.

Постоје многобројне студије које говоре да су онлајн студије прилагођене сваком ученику и његовим потребама, поготово када говоримо о теоријском знању док је практична настава на мрежи (онлајн) прави изазов (и за предаваче и за студенте) (Bennett & Lockyer, 2004; Caputi & Garrido, 2015). Природа и садржај неких курсева је такав да су адекватнији за онлајн наставу од других. Практичне вежбе је веома тешко и пратити и разумети у онлајн окружењу (нпр. математика, физика, хемија... за разлику од друштвених наука - језика где физичка одвојеност не представља препреку у комуникацији), док све то иде у прилог традиционалној настави која има опрему и објекте за практичне активности, експерименте и анализе и на тај начин студентима омогућава стицање практичних знања и вештина. То се не може или се пак веома тешко постиже онлајн образовањем (без обзира на садржај курса, било да је медицина, ИТ или маркетинг...).

Стога, сва три наставна окружења имају и предности и мане. Неким студентима је потребна, можда чак и неопходна директна комуникација, интеракција један на један било са колегама или професорима док ће други бити сигурнији и слободнији у виртуелном окружењу путем видео конференција и интерактивних наставних материјала. Неким студентима одговара вођена настава, неко ко ће им константно постављати нове задатке или неко са киме ће се такмичити, док други преферирају саморегулацију у учењу или једноставно не могу да иду у корак са већином или пак желе да комбинују све то. У суштини, веома је битно да студенти знају шта могу да очекују од ког наставног окружења, затим да објективно сагледају своје потребе и потенцијале како би одабрали најадекватније наставно окружење за себе.

2.3. Настава математике и развој математичког мишљења

Према Пијажеовој теорији, математички појмови се обрађују сукцесивно, преласком са једног нивоа на други долази се до најопштијих појмова. Конкретно, Пијаже и Тол сматрају да су ученици са 11-12 година у стању да пређу са аритметике на алгебру, на рад са општим бројевима, односно да користе слова у рачунским операцијама уместо рационалних бројева (Gray et al., 1999), што је у сагласности и са нашим наставним планом и програмом за основне школе (ученици у седмом разреду почињу да раде са општим бројевима). Познато је из искуства и литературе (Tall, 1995; Vinner, 1991) да се у седмом разреду често јављају потешкоће у раду са ученицима који су до тада одлично савладавали математичке садржаје. Дешава се, истина ређе, да ученици коју су до тада показивали умерене резултате у математици, почињу да постижу бољи успех. Успони/падови се нарочито показују у осмом разреду када ученици почињу да обрађују појам функције (алгебарски израз треба повезати са два скупа и све то приказати геометријски, помоћу графика и још испитивати њихове особине).

Према Толу, мишљење засновано на обради аритметике и алгебре назива се елементарно математичко мишљење (Tall, 1992; Gray et al., 1999). Мишљење засновано на дефиницијама, аксиомама, теоремама и формално логичком дедуктивном начину закључивања је везано за обраду појмова више математике што се према литератури (Tall & Vinner, 1981; Herlina, 2015) назива напредно математичко мишљење или више математичко мишљење (Advanced mathematical thinking). Према Толу, у сагласности са Пијажеом, ученици од 17-18 година су способни за напредно математичко мишљење. Ученици код нас, а и широм света, почињу са обрадом појмова више математике баш у тим годинама.

У литератури (Tall & Vinner, 1981; Tall, 1995; Tall, 2003; Herlina, 2015) се посебна пажња посвећује прелазима:

- са аритметике на алгебру и
- са елементарног на напредно математичко мишљење.

Прелазак на напредно математичко мишљење подразумева одлично управљање појмовима елементарне математике. Ученици би требало да се у току прва три разреда средње школе оспособе за успешно владање различитим математичким изразима: алгебарским, тригонометријским, логаритамским, експоненцијалним као и елементарним особинама функција, на којима је засновано елементарно математичко мишљење (Tall, 1992; Tall, 1997). Приметимо да из тих разлога пријемни испити на свим факултетима, где се полаже математика, имају баш такве задатке помоћу којих се проверава знање будућих студената из области елементарне математике.

2.3.1. Граничне вредности функције

Граничне вредности функције су први математички појмови који се обрађују преласком са елементарног на напредно математичко мишљење. Већина ученика се у средњој школи сусрела са појмовима граничне вредности функције, које потом изучавају и на факултету. Когнитивни конфликти су познати у литератури (Такаћи, et all, 2015; Tall, 2005; Tall, 1992; Tall, 1997; Tall & Vinner, 1981; Tall, 1995) и веома су чести у пракси (приказано у поглављима 3.2.4.4 и 3.3.2).

Према Толу (Tall, 1992) разликујемо два приступа обраде математичких појмова: концепт (метод) слике (concept image) и концепт (метод) дефиниције (concept definition). Концепт слике (Tall, 1992) обухвата целокупну когнитивну структуру која је повезана са концептом и која укључује све менталне слике повезане са одговарајућим особинама и процесима. Концепт слике се гради годинама на основу искуства свих врста, која се мењају како се појединац сусреће са новим подстицајима. Концепт дефиниције (Tall, 1992) подразумева форму речи која се користи за вербално и симболично представљање појмова који не зависе од досадашњих искустава. При усвајању неког математичког појма методом слике често се појављују когнитивни конфликти који стварају забуне код ученика и студената. Комбинација метода слике и метода дефиниције доводи до превазилажења тих конфликта и доводи до разумевања одговарајућих математичких појмова (Такаћи, Stankov & Milanovic, 2015; Такаћи, Pešić & Tatar, 2006; Vinner, 1982).

Концепт слике се приликом обраде математичких појмова, према Пијажеу формира у току различитих фаза развоја и претходи концепту дефиниције (Tall, 1992). Тако ученици средњих школа изједначавају функцију са њеним графиком и не праве разлику између особина функције и особина њеног графика. Приликом обраде непрекидности функције у тачки, визуелни прикази које студенти имају о графику функције изазивају когнитивне конфликте код њих. На пример, функција $f(x) = \frac{1}{x}$, $x \neq 0$ први пут се обрађује методом слике већ у основној школи а касније и у средњој, тако да већина ученика везује ову функцију са њеним графиком, што је добро. Већина студената сматра да функција f има прекид друге врсте. Са графика функције f се може погрешно закључити да функција има прекид у тачки $x = 0$, али како та тачка не припада домену не разматрамо је. Дакле, функција f је непрекидна на свом домену $x \in (-\infty, 0) \cup (0, +\infty)$. Овај когнитивни конфликт се превазилази методом дефиниције непрекидне функције у тачки (Tall, 1992; Такаћи, Pešić & Tatar, 2006). Дефиниција непрекидне функције у тачки је углавном тешка за разумевање и примену великом броју студената. Међутим, довољно је нагласити да се непрекидност функције испитује у тачкама домена. Уколико су уведени сви неопходни појмови, овде је погодније повезати и тачке у којима се испитује гранична вредност функције (да је то тачка нагомилавања домена, која не мора да припада домену, док тачка у којој се испитује непрекидност мора да припада домену). У овом случају је добро навести и пример

функције $f(x) = \begin{cases} \frac{1}{x} & x \neq 0 \\ 1 & x = 0 \end{cases}$ која има прекид друге врсте у тачки $x = 0$. На тај начин смо отклонили и когнитивни конфликт о прекиду функције који је последица првог конфликта.

Приликом обраде математичких појмова наставник има главну улогу у превазилажењу когнитивних конфликта. Рачунар и различити софтвери, често динамички, су корисни као помоћ приликом превазилажења когнитивних конфликта (Tall, 2003; Milenković, Такаћи & Вожић, 2022), јер пружају истовремену вишеструку репрезентацију математичких појмова, али наставник мора да укаже на могући конфликт и његово превазилажење. У наставку ће у оквиру истраживања бити анализирани примери који су из искуства и литературе познати као когнитивни конфликти у обради асимптота функција и граничних вредности функције код студената техничких факултета.

2.3.2. Изучавање функција у оквиру математичких садржаја у Србији

У Србији се ученици први пут сусрећу са функцијама у осмом разреду основне школе (узраст ученика је тринаест или четрнаест година). Изучавање функција се даље наставља у средњим школама и на факултету. Према важећем Наставном плану и програму за осми разред основног образовања и васпитања, ученици се упознају са: појмом линеарне функције ($y = kx + n$), њеним нулама и знаком функције, као и са цртањем и читањем графика линеарних функција. Дакле, детаљно се обрађује линеарна функција и њена својства, али се појам функције не уводи у основној школи. Од ученика се очекује да науче да цртају график линеарне функције и да одреде особине функције са графика. Ученици се такође оспособљавају за примену линеарне функције у решавању проблема. Према важећим стандардима постигнућа, од свих ученика се очекује да по завршетку основног образовања, у области функција, знају да одреде вредност функције дате таблицом или формулом, док се од ученика који су били успешнији у савладавању градива очекује да уочавају зависност међу променљивим, да препознају линеарну функцију и њене особине, као и да знају да је интерпретирају графички (Станојевић, 2010).

Следећи циклус након основног образовања је средње образовање. У првом разреду средње школе функције се детаљније изучавају, ученици се упознају са општим појмом и неким од најважнијих особина функције, осим тога, продубљују знање о линеарној функцији и њеној примени које су стекли у осмом разреду основне школе. Наставни план и програм предвиђа да се у другом разреду средње школе детаљније изучавају одређени типови реалних елементарних функција, као што су квадратне, експоненцијалне, логаритамске и тригонометријске функције. Ученици се детаљније упознају са њиховим особинама и оспособљавају се за испитивање особина и цртање графика ових функција, али и за примену функција у решавању проблема (Правилник о наставном плану и програму за

гимназију; Правилник о општим стандардима постигнућа за крај општег средњег образовања и средњег стручног образовања у делу општеобразовних предмета).

Функције се у завршном разреду средње школе изучавају уопштеније него у ранијим разредима (када су изучаване према дефиницијама, репрезентацијама, типовима и особинама), ученици тада упознају појмове више математике као што су граничне вредности и извод функције. Затим, детаљно испитују особине елементарних функција уз примену извода и оспособљавају се даље за њихову графичку интерпретацију као и за анализу особина функција на основу графика (Правилник о наставном плану и програму за гимназију, Правилник о општим стандардима постигнућа за крај општег средњег образовања и средњег стручног образовања у делу општеобразовних предмета).

У високом, академском и струковном, образовању функције су неизоставни део курса математике или математичке анализе. У оквиру ових курсева продубљује се знање студената о функцијама стечено током средњошколског образовања, а детаљније се изучава могућност примене функција у решавању проблема.

2.4. Вредновање и праћење постигнућа – оцењивање

Процеси којима се вреднује знање, тј. прати развој компетенција и напредовање ученика/студената у достизању стандарда постигнућа у току школске године су формативно и сумативно оцењивање. Сумативно оцењивање представља вредновање постигнућа ученика на крају једног квалификационог периода или једне програмске целине и изражава се кроз бројчану оцену која је заснована на критеријумима који су јасно дефинисани и одређени, док је формативно оцењивање вредновање самог процеса учења, што наставнику пружа увид о напредовању ученика тако да се процес наставе може прилагођавати у складу са образовним потребама ученика (Taras, 2005; Bennett, 2011). Та два процеса су део система оцењивања који је регулисан Законом о основама система васпитања и образовања. У нашој земљи је образовна пракса првенствено усмерена на крајње резултате ученика, тј. на сумативно оцењивање. Закључна оцена се сматра најмеродавнијим показатељем знања ученика (Hailikari, Nevgi & Lindblom-Ylänne, 2007).

Оцењивање је једна од основних педагошких активности која значајно утиче на мотивацију ученика. Веома је важно да се у процесу вредновања знања равномерно и адекватно примењује како сумативни тако и формативни облик оцењивања јер је то предуслов објективне евалуације ученика. Дакле сумативна оцена је коначна, док формативна оцена представља континуирано праћење учениковог односа према раду, начина учења, степена самосталности и савладавања градива (Taras, 2005). Комбиновање формативног и сумативног оцењивања би требало да буде основа за праћење постигнућа ученика и формирање збирне оцене, јер се на тај начин обезбеђује прецизнија и

објективнија процена знања. Осим тога, на тај начин се гради и однос поверења између ученика и наставника, што је један од предуслова унапређења процеса учења. Оцена треба да обавести ученика о тренутном постигнућу али и да му да повратну информацију како да унапреди свој рад и оствари бољи резултат, а то се најбоље постиже синхронизовањем формативног и сумативног оцењивања.

Оцењивање на универзитетском нивоу се реализује у складу са Чланом 104. Закона о високом образовању: „Успешност студента у савладавању појединог предмета континуирано се прати током наставе и изражава се поенима, а оцена се утврђује на завршном испиту. Испуњавањем предиспитних обавеза и полагањем испита студент може остварити највише 100 поена. Студијским програмом утврђује се сразмера поена стечених у предиспитним обавезама и на испиту, при чему предиспитне обавезе учествују са најмање 30, а највише 70 поена. Успех студента на испиту изражава се оценом од 5 до 10, према следећој скали: од 51 до 60 поена оцена 6 (шест), од 61 до 70 поена оцена 7 (седам), од 71 до 80 поена оцена 8 (осам), од 81 до 90 поена оцена 9 (девет), од 91 до 100 поена оцена 10 (десет). Оцена 5 није прелазна и не уписује се у индекс.“

Сам начин оцењивања на универзитетском нивоу је углавном сумативан. Део предиспитних обавеза које подразумевају домаће задатке и колоквијуме се такође сумативно оцењује, али студенти на лични захтев могу имати увид у свој рад и добити повратну информацију или формативну оцену. Заправо предиспитне обавезе се на неки начин могу посматрати и као формативна оцена која води ка завршном испиту и коначној сумативној оцени. Постоје студије које показују да су формативно оцењивани студенти постигли значајно боље резултате на завршним испитима од студената чија настава није укључивала формативно оцењивање (нпр. Peterson & Siadat, 2009). Док студија Лау (Lau, 2016) истиче да је сумативно и формативно оцењивање повезано, тако да их не треба посматрати као супротности јер морају да делују/раде у хармонији како би ефекат на ученике и учење био што бољи.

2.4.1. Улога домаћих задатака

Постоје многобројне студије које су показале да су домаћи задаци веома корисни за стицање знања, развијање вештина учења и повећање академских постигнућа студената (Cooper, 1989; Keith & Cool, 1992; Cooper, 1994; Krashen, 2005; Cooper, et al., 2006; Eren & Henderson, 2008; Vembennetty & White, 2013; Trautwein, et al., 2002). Домаћи задаци су једно од средстава за одржавање континуитета у раду, проверу разумевања градива и напретка студената у процесу учења.

Заправо, домаћи треба да буде наставак учења, тако да је повратна информација веома битна и делотворна у самом процесу, зато домаћи треба да буде прикладно одабран

и додељен студентима како би дао позитивне резултате у учењу (Songsirisak & Jitpranee, 2019). Преоптерећеност домаћим задацима или неадекватност истих може имати негативан утицај на мотивацију студената и изазвати контра ефекат који води ка одустајању или плагирању одговора, док добар домаћи задатак може помоћи и професорима да мотивишу студенте, као и да предвиде њихова академска постигнућа (Núñez, et al., 2015). У неакадемске сврхе, Купер (Cooper, 1994) истиче да домаћи задаци могу да подстакну студенте да имају већу самодисциплину, бољу организацију времена, више радозналости и независности што их чини мотивисаним за тражење одговарајућих стратегија у решавању задатака и учењу.

Сматра се да оцењивање домаћих задатака такође има позитиван утицај на учење и може побољшати академски учинак студената (Latif & Miles, 2011), али исто тако оцењивање може развити и склоност ка плагирању у циљу што боље оцене. Наставници треба да пронађу одговарајуће стратегије у складу са наведеним смерницама како би спречили плагијате. Пожељно је и препоручљиво да тестови и колоквијуми који мере постигнућа студената буду повезани са домаћим задацима.

2.4.2. Самопроцена и саморегулисано учење

Самопроцена или самооцењивање је веома широк појам. У овој студији ћемо под самопроценом подразумевати да студенти уз помоћ рачунара „сами себи“ дају повратну информацију о сопственом напретку (разумевању и постигнућу) и на основу тога прилагођавају даљи процес учења, што је у складу и са радом Андраде (Andrade, 2010). Браун и Харис (Brown & Harris, 2013) су дефинисали самопроцену у K-16 контексту као „описни и евалуативни чин који студент спроводи о сопственом раду и академским способностима” (стр. 368). Позивајући се на Епстеин и сараднике (Epstein et al., 2008) самопраћење подразумева способност да се приметите сопствени поступци, радозналост да се испита ефекат тих поступака и спремност да се закључци и запажања искористе за побољшање будућих поступака.

Самооцењивање није способност да студент или ученик „сам себи суди“ већ педагошка стратегија (Eva & Regehr, 2008). Дакле, то би требало да буде навика која поспешује напредак и води ка бољем постигнућу студента. Самопроцена компетенције за успешно учење одређеног концепта или израду одређеног задатка може бити корисна повратна информација јер може да утиче на одлуке како поступити даље, као што је на пример одабир адекватне области на којој додатно треба радити, количина времена које треба уложити или да ли треба тражити помоћ у учењу. Постоје многобројна истраживања из области самоефикасности која јасно показују да су повратне информације које се фокусирају на аспекте задатака (нпр. „Нисам решио већину проблема из алгебре”)

ефикасније од повратне информације која се фокусира на самог ученика (нпр. „Лош сам у математици“) (Kluger & DeNisi, 1996; Dweck, 2006). Самопроцена компетенција је корисна само ако студенти имају прилику да ураде нешто у вези са својом ниском компетентношћу, то јест служи у сврху формативне повратне информације за студенте, у супротном нема много ефекта (Andrade, 2019).

Андрате (Andrade, 2019) у свом истраживању односа између самопроцене и постигнућа показује позитивну повезаност између самопроцене и учења. Мета-анализа Санчеца и сарадника (Sanchez et al., 2017) је у просеку (без обзира на негативне ефекте) открила следеће: „студенти који су учествовали у самооцењивању имали су бољи учинак на наредним тестовима од студената који нису учествовали у самооцењивању” (стр. 1049). Постоје многобројна истраживања у којима су експерименталне групе (које су користиле самопроцену) надмашиле своје контролне групе (које нису користиле самопроцену/самооцењивање) у различитим областима, (нпр. Lopez & Kossack, 2007; Raaijmakers et al., 2017; van Reybroeck et al., 2017), али такође постоји и експеримент сумативног самооцењивања који није довео до побољшања резултата на испиту (Miller & Geraci, 2011). Резултати истраживања Фонтана и Фернандес (Fontana & Fernandes, 1994) показују да ученици који су користили тестове за самопроцену знања из математике постижу боље резултате.

Процеси праћења и самооцењивања су на неки начин предуслови за саморегулисано учење. Саморегулисано учење је процес у коме студенти развијају своје когнитивне и метакогнитивне способности и трансформишу их у академска умећа и постигнућа (Zimmerman, 2008). Саморегулисано учење треба посматрати као целину или програм који се састоји из више елемената, самим тим треба развијати методологију која ће пратити програм учења и унапредити читав контекст, не само његове појединачне елементе (Radulović, Stančić & Bulatović, 2019). Стратегије саморегулисаног учења се односе на процесе у којима студенти самостално постављају циљеве, активирају претходна знања и трагају за новим знањима и информацијама, прате сопствену ефикасност (успех/неуспех) као и разумевање садржаја који уче и у складу са тиме прилагођавају наредне активности, траже помоћ вршњака или наставника уколико је потребно и доносе одлуке о будућим активностима (Zimmerman, 1990; Pintrich, 2004; Zimmerman & Schunk, 2011), све то је систематски оријентисано ка постизању личних циљева студената.

Истраживачке студије су показале да мотивациони аспекти саморегулисаног учења (унутрашња мотивација и осећај самоефикасности у учењу), имају пресудан утицај на академска постигнућа студената јер представљају базу која иницира употребу когнитивних и метакогнитивних стратегија (Peng, 2012; Pintrich & DeGroot, 1990; Torenbeek et al., 2013), као и стратегије управљања ресурсима (Zobenica & Oprarnica, 2018). Когнитивне стратегије се фокусирају на сам процес учења, док се метакогнитивне стратегије баве надзором, планирањем и евалуацијом тог процеса.

2.5. Мотивација

Мотивација је један од најважнијих фактора у учењу – утиче на одлуку студената о томе шта, како и када ће учити (Schunk & Usher, 2012). Сходно томе, мотивација је била тема великог броја истраживања (Schunk, Meese & Pintrich, 2014; Shroff et al., 2007). Међутим, у последњој деценији, на значају добијају истраживања које се баве мотивацијом у онлајн и комбинованом учењу. Већина ових истраживања се бави испитивањем мотивације током учења и утицајем мотивације на постигнућа студената (Vanslambrouck et al., 2018; Tseng & Walsh, 2016). Посебна пажња је посвећена и ставовима студената према учењу на даљину, јер је оно уско повезано са мотивацијом (Hannay & Newvine, 2006; Karal, Cebi & Peksen, 2010).

Брофи дефинише мотивацију као „теоријски конструкт који објашњава почетак, правац, интензитет, упорност и квалитет понашања, посебно понашања усмереног ка циљу“ (Brophy, 2010, стр.3). Она је додатно повезана са когнитивним и афективним процесима – циљевима, мислима, уверењима и емоцијама појединца. Мотивација за учење је склоност за бављење смисленим и вредним академским активностима, као и тежња да се оне што боље искористе (Brophy, 2013). То не подразумева само жељу ученика да нешто науче, већ и квалитет менталних напора у самом процесу учења, који се манифестују активним учењем и размишљањем.

Однос који студенти имају према окружењу за учење је важан аспект образовног процеса јер је садржалац друштвених и контекстуалних фактора који утичу на мотивацију (Schunk, Meese & Pintrich, 2014). Испитивање фактора који утичу на мотивацију за учење математике има велику важност за наставничку праксу на свим нивоима образовања, почевши од основне школе. Постоје истраживања (нпр. Венček и Марењић, 2006) која показују да ученици већ на крају основне школе изјављују да не прате наставу математике (7% испитаника) и да се углавном досађују на часу (81%), као и да уче само због оцене (59%), без обзира што сматрају да је математика важна (75%). Како је математика предмет који захтева континуитет, веома је тешко надокнадити пропуштено и мотивисати студенте који су још у основној или средњој школи, развили негативне ставове према математици.

Са друге стране, успех у математици се доводи у везу не само са интелектуалним способностима студената (Sternberg, 1990), већ у некој мери и са њиховом мотивацијом и уверењима (Агамбашић et al., 2005). Лична уверења, на пример о интелигенцији, утичу на мотивацију ученика за учење (Vulfolk et al., 2006). Гледано из развојне перспективе, деца и адолесценти нису присталице истих имплицитних уверења. На пример, млађи ученици поистовећују труд, напор и интелигенцију, неретко сматрају да појединац није интелигентан јер се није довољно трудио ако не успе да оствари циљ. Касније, когнитивни развој омогућава деци да разликују појмове као што је труд, способност или интерпретација, тада уверења о личним способностима почињу да утичу на успех у учењу

и мотивацију (Elliott & Dweck, 1988). У складу са теоријом мотивације за учење Миловановић (Milovanović, 2016), наводи да ученици који су присталице ентитетских теорија интелигенције настоје да избегну неуспех пред другим ученицима. Њих најчешће мотивишу ситуације у којима ће се показати „пааметним“ и заштитити своје самопоштовање од негативне евалуације других (тако на пример бирају задатке са средњег нивоа за које верују да могу да их реше). Док с друге стране, постоје ученици који су присталице инкременталних теорија, њих приликом учења мотивише унапређење сопствених знања и способности. Они верују да труд побољшава интелигенцију, као и да се њихова интелигенција може побољшати кроз решавање различитих задатака приликом учења. За ове ученике неуспех не узрокује став да су неинтелигентни, већ став да је потребно уложити више труда да би се постигао одређени успех.

2.5.1. Унутрашња и спољашња мотивација за учење

Мотивација се обично испитује из различитих перспектива, најчешће су: перспектива дизајна учења и перспектива студентских особина (Hartnett, 2016). Постоји, такође, неколико теорија мотивације. Већина њих се бави интринзичном (унутрашњом) и екстринзичном (спољашњом) мотивацијом (Ryan & Deci, 2000). Унутрашња мотивација је везана за активности појединца које се обављају у циљу постизања неког личног задовољства. На пример, када је нечији циљ у учењу да стекне неко знање - то је унутрашња мотивација. Екстринзична (спољашња) мотивација је повезана са обављањем неке активности како би се постигао неки одвојиви исход (Hartnett, 2016).

Истраживања (Milovanović, 2016; Renaud-Dubé, et al. 2015) која се баве релацијом имплицитних теорија интелигенције и различитих врста мотивације за учење математике истичу да су средњошколци у одређеној мери мотивисани за учење математике перцепцијом својих високих математичких способности, као и задовољавајућим методама спровођења наставе математике. Такође, студенти сматрају да су математичка знања релевантна за будућу професију која им може обезбедити успешан живот. Фактор корисности је уједно и једини фактор екстринзичке природе, што се у одређеној мери могло и очекивати јер ученици не морају бити мотивисани за учење само интринзички. Анализа фактора немотивисаности упућује на категоричност (мотивисан – немотивисан) самог конструкта мотивације за учење математике, тако да научна литература указује на потребу за додатним анализама. Осим тога, поменуто истраживање (Milovanović, 2016) открива да инкрементални ставови о интелигенцији позитивно доприносе факторима задовољства, корисности и интересовању као критеријумским варијаблама мотивације. Дакле, ученици који верују да могу да усаврше интелигенцију уједно су и мотивисанији за учење математике. Они процењују да ће им математика користити у будућности, задовољни су сопственим капацитетима за решавање (математичких) проблема као и аутентичним

интересовањем за сам садржај предмета, док су насупротив њима ученици ентитетских схватања демотивисани за труд и ангажованост у циљу постизања задовољавајућег успеха из математике, јер верују да не могу да надограде сопствене интелектуалне капацитете и способности.

Интринзична (унутрашња) мотивација је такође идентификована као важна за подршку радозналости студената, учење на дубоком и критичком нивоу, истраживачко понашање и саморегулацију у учењу на даљину, укључујући онлајн учење (Ryan & Deci, 2000; Shroff et al., 2007). У претходним истраживањима, мотивација током онлајн или комбинованог учења упоређивана је са мотивацијом током традиционалног учења, са освртом на постигнућа студената. Тсенг и Валш (Tseng & Walsh, 2016) сматрају да су студенти на универзитетском нивоу значајно мотивисанији током комбинованог учења, али да разлика у њиховим постигнућима није статистички значајна. Поред тога, унутрашња мотивација је идентификована као важан предиктор успеха у учењу, задовољства и исхода у високом образовању, укључујући онлајн учење (Martens, Bastiaens, & Kirschner 2007; Shroff et al., 2007). Пратећи обимну литературу (Martens & Kirschner, 2004; Ryan & Deci, 2000; Shroff et al., 2007), студенти који су унутрашње мотивисани за учење се описују као рефлективни, саморегулаторни и фокусирани на дубинско процесуирање градива што се може повезати са вишим академским достигнућима.

Наставници треба да прилагођавају наставу и примењују различите методе како би повећали мотивацију студената (Wu, 2016), као и да раде на подизању свести о могућности унапређивања интелектуалних способности ученика (Milovanović, 2016). Исто тако, требало би да предузму одређене акције како би смањили анксиозност студената, дефинисану као „осећај напетости, стрепње, нервозе и бриге“ (Horwitz, Horwitz & Cope, 1986, str.125). Постоје студије које показују да анксиозност може да смањи интеракцију студената и умањи постигнућа у учењу када се промени окружење за учење (Makarova, 2021; Sharma & Sarkar, 2020). Осим тога, анксиозност може негативно утицати и на мотивацију за учење. Постоји разлика између когнитивне и афективне димензије математичке анксиозности. Когнитивна анксиозност представља забринутост која се манифестује дужи временски период, док се негативне афективне реакције најочигледније манифестују непосредно пред или током евалуације знања (нпр. *Обично се осећам нервозно и нелагодно на тесту из математике или Бринем се да ћу „лоше проћи“ када одговарам математику*). Могуће је да управо то изазива јачи ефекат афективне компоненте математичке анксиозности на постигнућа из математике у односу на когнитивну компоненту (Milovanović, 2020). Истраживања мотивације и анксиозности сугеришу и неколико стратегија које наставник може да користи да би се смањила анксиозност у учењу: повећање комуникације са студентима (Makarova, 2021), креирање мање стресног (комбинованог) окружења за учење (Sharma & Sarkar, 2020), боље познавање студената (Nehme, 2010) и подстицање и изградњу њиховог самопоуздања (Horwitz, Horwitz, & Cope, 1986).

3. Квази-експериментално истраживање – постигнућа студената у оквиру основног курса математике

Скоро сви технички и економски факултети у Србији имају математику као базични предмет који се изучава на првој години основних студија и игра важну улогу у разумевању рачунарских, економских, техничких и других наука. Садржај првих математичких курсева је врло сличан на свим техничким факултетима, очекује се да студенти савладају и користе математичке методе и поступке реалне математичке анализе у вези са функцијом једне променљиве (домен, одређивање извода и њихових нула, асимптоте и тако даље, да би на крају могли да испитају и скицирају график функције). Нажалост, искуства из праксе као и бројна истраживања показују да студенти имају потешкоће у савладавању градива које се односи на функције, а посебно када се ради о поступцима и техникама реалне математичке анализе у вези са функцијом једне променљиве (Tall & Vinner, 1981; Tall, 1993; Tall, 2009; Tall, 2011; Такаћи et al., 2006). Ови рани проблеми се рефлектују и на наредне курсеве математике, на друге науке, као и на мотивацију студената за учење. Због тога је разумевање начина на који модерне технологије могу пружити додатну помоћ студентима да лакше усвајају знања од пресудне важности за развој традиционалних система за учење и креирање дигиталних наставних материјала који ће допринети и унапређењу студентских постигнућа.

Наставни процес је, од почетка пандемије изазване вирусом Ковид-19, претрпео нагле и велике промене у целом свету. Захваљујући достигнућима информационо-комуникационих технологија (ИКТ) настава је организована „на даљину“, али различито од школе до школе, од универзитета до универзитета као и од наставника до наставника па и од ученика до ученика. Окружење за учење је имало велики утицај на организовање и извођење наставног процеса за то време. Пандемија Ковид-19 је нагло натерала све учеснике наставног процеса да користе савремену технологију и да се, у складу са својим могућностима, прилагођавају новонасталим условима и отклањању потешкоћа и проблема које су често имали. Тенденција усавршавања свих учесника наставног процеса, као и самог окружења, неминовна је. Настава будућности се мора прилагодити савременим условима окружења за учење.

Пандемија нас је затекла, није било могуће наслутити њене размере и последице, али је било могуће анализирати и истраживати новонасталу ситуацију. Тако су Универзитет Метрополитан и Универзитет у Новом Саду подржали идеју истраживања „Настава на даљину у време пандемије коју је изазвао Ковид-19“ у жеку пандемије. Споменуто истраживање описано у поглављу 4 се фокусира на мотивацију за учење и предности и мане наставе током процеса „наставе на даљину“, то јест првих утисака. На основу тог истраживања објављен је рад „Higher education students’ experiences and opinion about distance learning during the Covid-19 pandemic“ (Stevanović, Božić & Radović, 2021) у

часопису *Journal of Computer Assisted Learning* категорије M21, који је од датума објављивања (5.10.2021. године) више десетина пута цитиран.

Данас постоји велики број истраживања која испитују различите последице пандемије (изазване вирусом Ковид-19) на образовање (Ahmad, et al., 2021; Adedoyin & Soykan, 2020; Psotka, 2022; Drijvers et al., 2021; Stevanović, Božić & Radović, 2021). Ове студије истичу да је потребно (Psotka, 2022; Ahmad et al., 2021) анализирати наставне процесе за време пандемије Ковид-19, као и њихов утицај, односно корелацију са ставовима ученика/студената, наставника и наставним плановима у циљу побољшања будуће наставе, односно прилагођавања наставног процеса условима и окружењу ИКТа. Дакле, да би се наставни материјали сврсисходно развијали, поред трендова у дигиталним технологијама неопходно је пратити и услове у којима се налази друштво (било да су позитивни и развојни или да представљају одређене негативне факторе по образовање, као у случају описане пандемије), све то у циљу позитивног утицаја на академска постигнућа студената и њихово образовно искуство.

Имајући то у виду, осмишљено је истраживање које пружа емпиријске доказе и испитује утицај различитог окружења за учење на постигнућа студената у оквиру основног курса математике. Испитано је и под којим околностима и у којој мери испитаници постижу боље резултате на сумативним и формативним проценама знања. Ковид услови су онемогућили спровођење класичног експерименталног истраживања, тј. припреме узорка у класичном смислу, те је било неопходно прећи на квази-експериментални нацрт истраживања који допушта рад са свим расположивим подацима (Thyer, 2012). За истраживање тема коришћене су квалитативне и квантитативне методе истраживања које користе релевантне статистичке технике. Узорак који је анализиран у овом истраживању узет је из званичне базе података Факултета информacionих технологија Универзитета Метрополитан. Универзитет је дао сагласност и одобрио истраживање. На основу тог истраживања објављен је рад „Impact of learning environments on students’ achievements in Calculus contents before and during Covid-19 crises” (Stevanović, Božić & Štrboja, 2023) у часопису *Interactive Learning Environments* категорије M21a.

3.1. Тема истраживања

У овом истраживању ће бити анализирана постигнућа студената под утицајем различитих наставних окружења у оквиру основног курса математике на Факултету информacionих технологија Универзитета Метрополитан у Београду. Биће испитано под којим околностима и у којој мери испитаници постижу боље резултате. У узорку су коришћени резултати који мере постигнућа студената у оквиру предмета Математика 1 (основни курс математике). Анализом домаћих задатака утврђује се у којој мери испитаници одржавају континуитет у раду, као и да ли су савладали и разумели све

појединачне концепте и да ли их могу применити на колоквијуму. Потом је посматран утицај колоквијума на испит, као и све међусобне корелације из узорка.

Циљ истраживања:

Истраживање је рађено у циљу испитивања и идентификације тренутног стања (у којој мери испитаници исправно интерпретирају стечена знања из математике) као и откривања потенцијалних когнитивних конфликта како би се радило на њиховом превазилажењу и унапређењу наставног окружења и наставних материјала.

Истраживачко питање:

Да ли различита наставна окружења утичу на математичка постигнућа студената?

3.2. Методологија

Студенти који су започели школску 2019/20. годину у октобру 2019. године, предавања (у првом семестру, до фебруара) су похађали у складу са својим студијским програмом (у традиционалним, комбинованим или онлајн наставном окружењу) који су изабрали приликом уписа. Услед последица пандемије, већ у другом семестру, као и наредне школске 2020/21. године, реализована је само настава на даљину (дакле без обзира на изабрани студијски програм, сви студенти су наставу пратили онлајн). Неким универзитетима била је потребна фундаментална промена традиционалног окружења за учење, док су други међу којима је и Универзитет Метрополитан били припремљени због постојећих акредитованих онлајн програма. Стога су у истраживању проучавана и анализирана постигнућа студената пре и након промене приступа раду, са циљем унапређења наставе и учења.

Да би се одговорило на истраживачко питање коришћен је методолошки приступ квази-експерименталног нацрта, јер он омогућава да постојеће групе из реалног окружења буду дефинисане као „експерименталне“ групе истраживања. У овом нацрту (као и у експерименталним нацртима) манипулише се једном независном променљивом, што је у овом случају настава на даљину тј. промењено окружење за учење, али није било могућности да се групе образују случајним процесом него су за сврхе истраживања узете постојеће групе. На крају школске 2020/21. године за потребе овог истраживања из базе података која садржи комплетну евиденцију о студентима су узети релевантни подаци за две узастопне школске године (2019/20 и 2020/21), како би се испитао утицај различитих начина и метода рада на постигнућа студената пре и током пандемије. У наставку термин „група 1“ подразумева узорак из школске 2019/20. године (што се може сматрати контролном групом), док „група 2“ подразумева узорак из школске 2020/21. године (што се може сматрати експерименталном групом).

3.2.1. Учесници

У овој студији је учествовало 198 студената прве године основних студија Факултета информационих технологија, Универзитета Метрополитан (89 у групи 1 и 109 студената у групи 2). Обе групе, и група 1 и група 2, имају по три хомогене подгрупе студената: традиционалну, комбиновану и онлајн подгрупу (Табела 1). Величина узорка то јест број студената у подгрупама групе 1 (школске 2019/20. године) односно групе 2 (школске 2020/21. године) није сразмеран јер број студената који уписује споменуте програме (по традиционалном, комбинованом или онлајн наставном окружењу) није сразмеран, али су величине узорака одговарајућих подгрупа сразмерне у поређењу са читавом популацијом (приказано у Табели 1 - Годишњи проценат). Варијаблама са хомогенијом популацијом је потребна мања величина узорка (Маричић, Игњатовић, и Јеремић, 2022).

Табела 1. Демографски подаци

Истраживачке групе	Окружење за учење	N	%	Годишњи %
Група 1 (школска 2019/20. година)	Традиционално	61	30,8%	68,5%
	Комбиновано	17	8,6%	19,1%
	Онлајн	11	5,6%	12,4%
		89	45%	100%
Група 2 (школска 2020/21. година)	Традиционално	75	37,8%	68,8%
	Комбиновано	21	10,6%	19,3%
	Онлајн	13	6,6%	11,9%
		109	55%	100%

Легенда: N – број студената, % - релативна фреквенција у процентима.

За анализу претходног знања и постигнућа ученика коришћена је њихова просечна оцена из математике у четвртом разреду средње школе. Просечно постигнуће студената групе 1 (школске 2019/20. године, 1. семестар) било је 3,95 (образовни систем Србије следи бројчано оцењивање од 1 до 5, где је 2 најнижа прелазна оцена, док је 5 најбоља оцена), док је просечно постигнуће студената групе 2 (школске 2020/21. године, 1. семестар) било 4,01. Како су ове две групе података сагласне са нормалном расподелом (по Колмогоров-Смирнов тесту), коришћен је Студентов Т-тест за поређење средњих вредности. Добијена *p*-вредност је већа од нивоа значајности 0.05 ($t = -0.438$, $p = .662$), те закључујемо да нема статистички значајних разлика између студената групе 1 и студената групе 2 у ранијим постигнућима из математике.

Студенти обе групе (групе 1 и групе 2) сам испит полагали су на исти начин, али су наставу пратили под измењеним околностима које су подразумевале наставу на даљину

услед последица пандемије коју је изазвао вирус Ковид-19. Предиспитне обавезе које укључују домаће задатке и колоквијуме, код обе групе вредноване су истим бројем поена, али су реализоване другачије, у измењеним околностима (биће објашњено у наставку). Такође, битно је истаћи да је исти професор предавао свим студентима групе 1 и групе 2. Један асистент је био задужен за традиционалне и онлајн подгрупе студената како у групи 1 тако и у групи 2, док је а други асистент био задужен за комбиноване подгрупе (групе 1 и групе 2). Аутор наставних материјала које су студенти користили је професор у сарадњи са асистентима.

3.2.2. Мерни инструменти

На основу теме истраживања коришћени су различити мерни инструменти. Подаци су у потпуности преузети из званичне базе података Универзитета Метрополитан и састоје се из четири дела:

- подаци о настави: школска година и наставно окружење;
- пет домаћих задатака који одговарају садржајима лекција (бројни низ; гранична вредност; извод функције; особине функције; општа шема испитивања функције и скицирање графика функције);
- колоквијум који обухвата те лекције;
- завршни испит.

3.2.3. Садржај курса Математика 1

Курс Математика 1 (основни курс математике) изучава се у првом семестру прве године основних студија на Факултету информатичких технологија. Курс је креиран тако да омогућава студентима да разумеју и овладају основним знањима из математике, која ће им бити потребна за праћење даљих студија и дубље разумевање курсева који су предвиђени за изучавање. На почетку овог курса, студенти ће обновити и проширити своја знања која се односе на појам броја, математичку логику и теорију скупова. Након тога, обрађују се основни појмови из алгебарских структура, као елементи апстрактне алгебре, закључно са пољем комплексних бројева. Градиво се наставља изучавањем елемената линеарне алгебре и то: детерминанти, матрица и систем линеарних једначина. Део градива је посвећен векторској алгебри, као и аналитичкој геометрији у простору. Затим следи увод у математичку анализу реалне функције једне реалне променљиве, који почиње са прегледом елементарних и неелементарних функција, преко реалних низова и бројних

редова, настављају се граничне вредности и непрекидности реалне функције једне променљиве, па све до диференцијалног рачуна реалне функције једне променљиве.

3.2.4. Сценарио учења групе 1 (школске 2019/20. године)

Пре пандемије и учења на даљину као једине доступне опције, студенти су похађали једно од три различита наставна окружења: традиционално, комбиновано или онлајн окружење. Студенти су се приликом уписа определили за наставно окружење у којем желе да похађају и прате наставу.

Традиционално наставно окружење подразумева наставу која се одржава у просторијама универзитета уз интеракцију лицем у лице, која се одвија по плану и програму предмета у складу са усвојеним распоредом наставе.

Онлајн наставно окружење подразумева да студенти имају приступ мултимедијалним онлајн часовима путем различитих алата (тј.: интерактивних наставних материјала који се достављају преко LAMS³ (Learning Activity Management System) платформе; PowerPoint презентација и различитих софтвера специфичних за тему). Дакле, студенти онлајн програма нису физички присутни на предавању, али су им садржаји увек доступни.

Комбиновано наставно окружење је осмишљено као комбинација онлајн (у случају предавања и теоријских лекција) и традиционалног (у случају вежби, лабораторијских задатака или вежбања) окружења.

3.2.4.1. Организација наставе

Студенти групе 1 су школску 2019/20. годину започели регуларно, у складу са наставним окружењем које су одабрали приликом уписа (традиционално, комбиновано или онлајн окружење). Традиционални студенти су наставу (предавања и вежбе) пратили непосредно у просторијама факултета. Студенти онлајн окружења су се самостално организовали и пратили наставу (следећи сопствени распоред, потребе и жеље) у складу са курикулумом курса који прати наставни материјал. Док су студенти комбинованог окружења предавања пратили на исти начин као и студенти онлајн окружења, с тим да су имали обавезу да се организују у року од недељу дана и обраде теоријски део лекције како

³ LAMS је скраћеница која се не преводи.

би били спремни за вежбе које су биле организоване непосредно у учионици (просторијама факултета). У Табели 2 је приказан начин реализације и праћења наставе групе 1 (школске 2019/20. године).

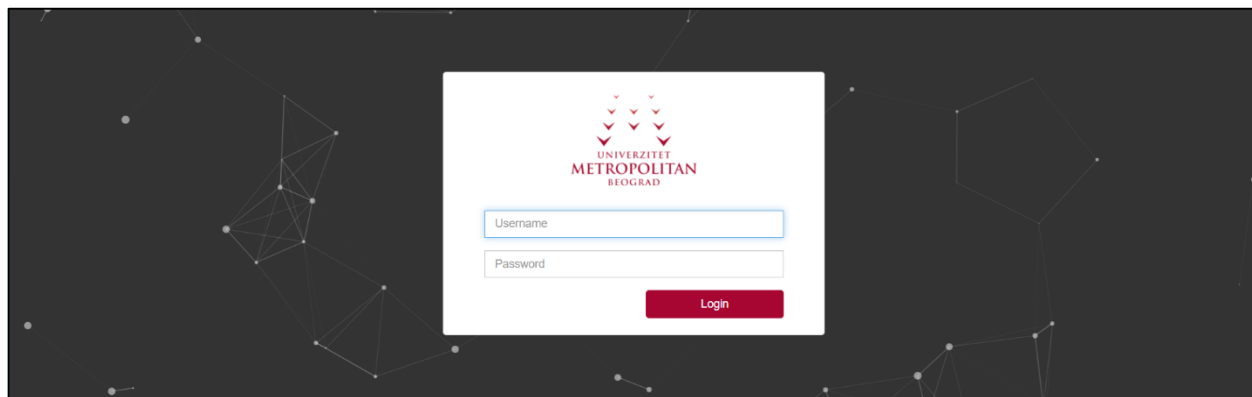
Табела 2. Приказ реализације и праћења наставе групе 1 (школске 2019/20. године)

Група 1	Наставно окружење		
	Традиционално	Комбиновано	Онлајн
Предавања	Непосредно, у учионици	Онлајн (самостално)	
Вежбе	Непосредно, у учионици		Онлајн (самостално)

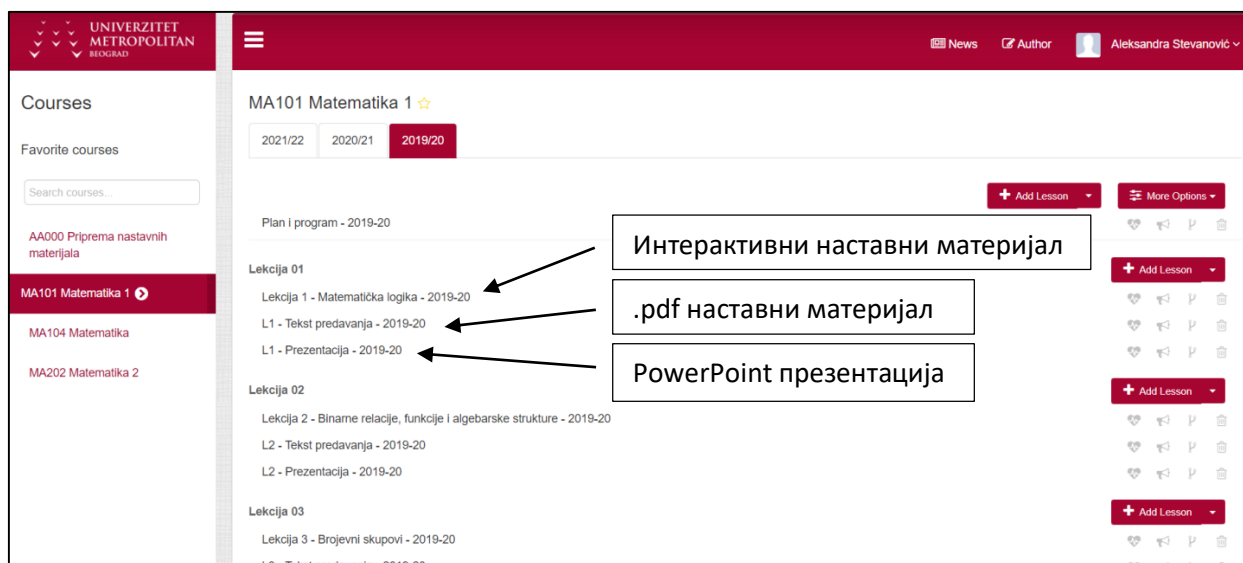
3.2.4.2. Наставни материјали

Комплетан наставни материјал који је потребан за поменути курс Математике 1 креиран је у складу са наставним планом и програмом, по правилнику и стандардима Метрополитан Универзитета. Наставни материјал мора да прође анонимну рецензију као и низ других провера, након којих се објављује на LAMS платформи за учење.

Платформи могу приступити сви студенти уз помоћ свог факултетског налога и тако доћи до садржаја курсева које слушају. Слика 1 илуструје приступ LAMS платформи за учење, док Слика 2 приказује радно окружење курса (са наставним материјалом) на платформи.



Слика 1. Приступ LAMS платформи за учење



Слика 2. Радно окружење курса (са наставним материјалом) на LAMS платформи за учење

Предавања и вежбе из курса Математика 1 прате приручник за студенте који је у форми .pdf материјала, креираног специјално за овај курс у складу са наставним планом и програмом по стандардима Метрополитан Универзитета. Свака лекција у оквиру приручника започиње уводом који најављује садржај лекције (Слика 3), затим следи теоријска обрада са примерима (Слика 4) која води ка практичним вежбама (Слика 5) на крају којих су постављени задаци за вежбу (ти задаци немају поступак решавања, али имају коначна решења како би студенти могли да провере своје одговоре) (Слика 6).



Слика 3. Пример лекције из приручника за студенте – уводни део (.pdf наставни материјал)

Diferencijalni račun I deo 23 / 41 73%

PRIMER

Primena diferencijala za približno određivanje vrednosti funkcije u datoj tački.

Odrediti približno arcsin 0,56.

Rešenje. Ako uzmemo da je $x = 0,5$ i $\Delta x = 0,06$ i koristeći formulu

$$f(x + \Delta x) \approx f(x) + f'(x)\Delta x.$$

imamo

$$\arcsin 0,56 \approx \arcsin 0,5 + \frac{0,06}{\sqrt{1-0,5^2}} = \frac{\pi}{6} + \frac{0,06}{0,866} = 0,524 + 0,0692 = 0,5932.$$

GEOMETRIJSKA INTERPRETACIJA

Razlika između diferencijala funkcije dy i priraštaj funkcije Δy je beskonačno mala u odnosu na Δx , kada $\Delta x \rightarrow 0$.

Slika 9.1 Geometrijska interpretacija diferencijala.

Слика 4. Пример лекције из приручника за студенте – теоријски део са примерима (.pdf наставни материјал)

ZADATAK 8

Određivanje monotonosti funkcije i lokalnih ekstremnih vrednosti.

Odrediti intervale na kojima funkcija

$$f(x) = \frac{\ln x - 1}{x^2},$$

raste, odnosno opada i lokalne ekstreme, ako postoje.

Rešenje. Domen ove funkcije je

$$\left. \begin{array}{l} \text{zbog razlomka } x^2 \neq 0 \Leftrightarrow x \neq 0 \\ \text{zbog logaritma } x > 0 \end{array} \right\} \Rightarrow \text{Domen: } x \in (0, +\infty).$$

Odredimo, sada, prvi izvod funkcije je

$$y' = \left(\frac{\ln x - 1}{x^2} \right)' = \frac{\frac{1}{x} \cdot x^2 - (\ln x - 1)2x}{x^4} = \frac{x - 2x(\ln x - 1)}{x^4} = \frac{x(1 - 2\ln x + 2)}{x^4} = \frac{3 - 2\ln x}{x^3}.$$

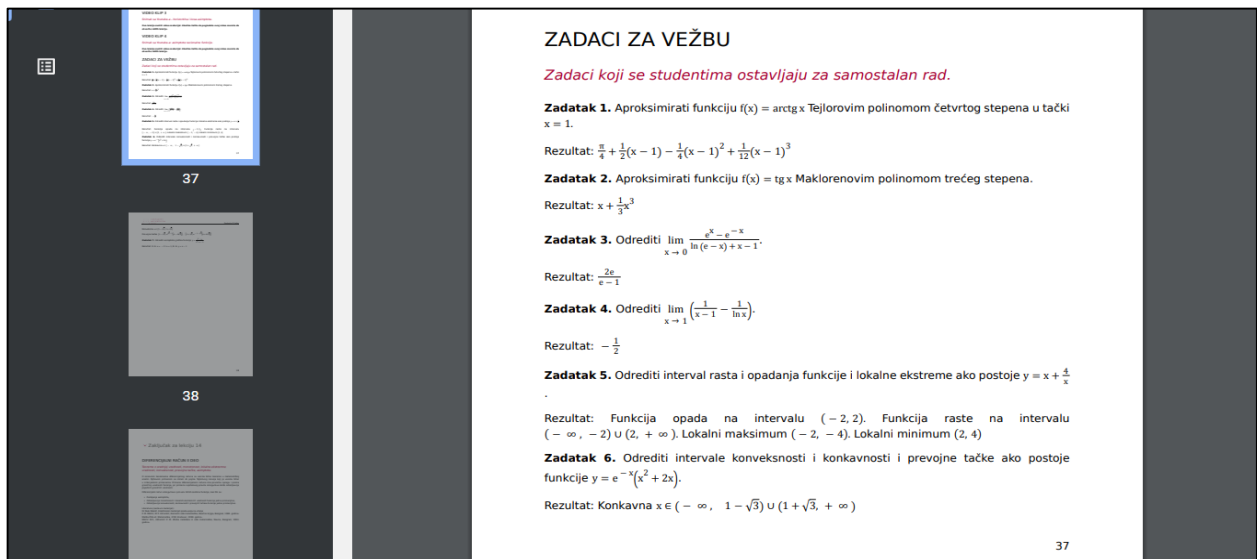
Знак првог извода дискутујемо на основу следеће таблице

$x \in$	$(0, e\sqrt{e})$	$e\sqrt{e}$	$(e\sqrt{e}, +\infty)$
$3 - 2\ln x$	+	0	-
x^3	+	+	+
y'	+	0	-
y	↗	max	↘

Za $x_{\min} = e\sqrt{e}$ imamo da je $y_{\min} = \frac{1}{2e^2}$.

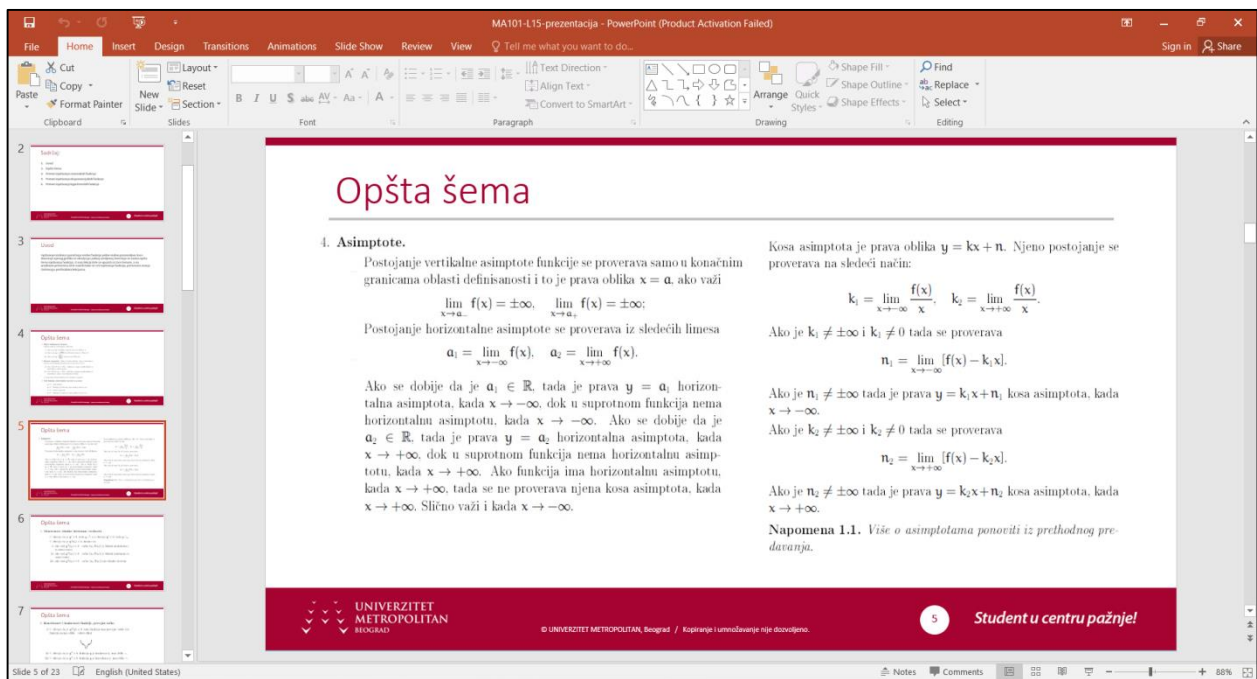
Slika 8.1 Grafik funkcije $f(x) = 3 - 2\ln x$.

Слика 5. Пример лекције из приручника за студенте - вежбе (.pdf наставни материјал)



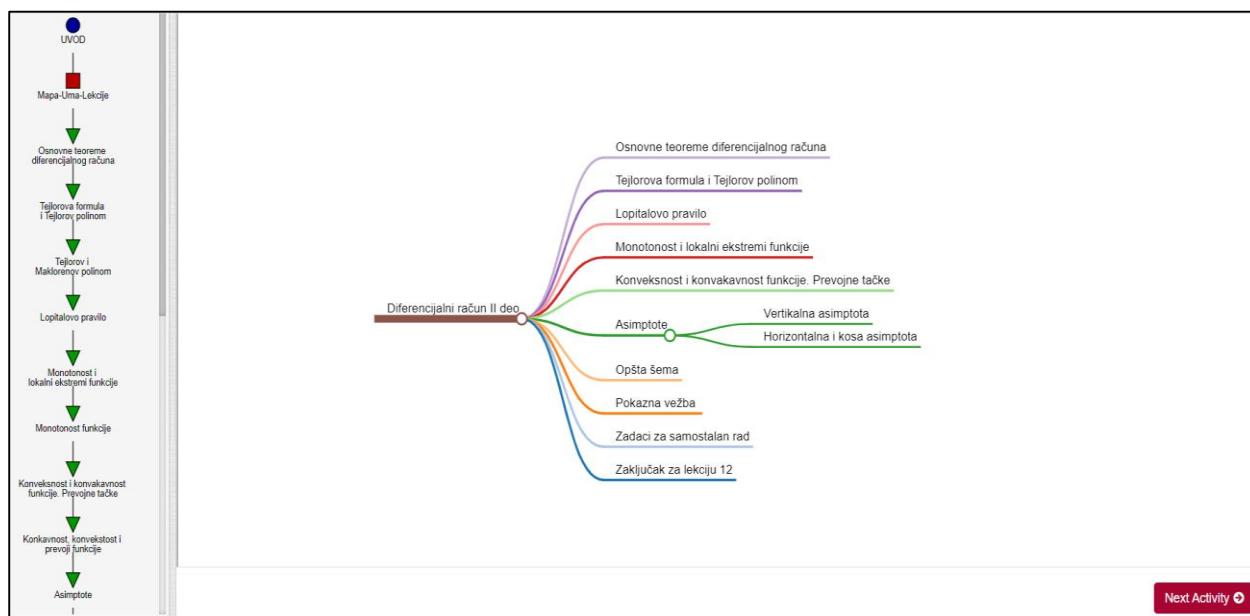
Слика 6. Пример лекције из приручника за студенте – задаци за вежбу (.pdf наставни материјал)

Поред приручника за студенте, на LAMS платформи су доступни и наставни материјали у форми PowerPoint презентација (Слика 7) које студенти често користе као резиме градива.



Слика 7. Пример лекције - PowerPoint презентација

На LAMS платформи за учење се налазе и интерактивни наставни материјали који су линеарно повезани. Свака лекција интерактивног наставног материјала започиње секвенцом увод која кроз пар корака приказује и уводи студенте у садржај лекције. Та секвенца је линеарно повезана са наредном секвенцом која садржи мапу ума учења (Слика 8). Са мапе ума се може изабрати одређена секвенца и на тај начин прескочити део материјала и стићи до жељене секвенце, али након тога постоје само две опције: картица „Назад“ која враћа на мапу ума учења или картица „Next Activity“ која води у наредну, линеарно повезану секвенцу. Слика 9 илуструје пример теоријског дела лекције из интерактивног наставног материјала. Након сваке секвенце теоријског дела следи такозвана секвенца провере која садржи отворена питања или питања са понуђеним одговорима која се односи на претходно обрађени део лекције. Такозване секвенце провере су креиране како би помогле студентима да утврде да ли су добро разумели део лекције који су учили. Код отворених питања студенти имају опцију да виде и одговоре својих колега (Слика 10), док код питања са понуђеним одговорима виде свој одговор и тачан одговор (Слика 11). У оквиру секвенце показне вежбе (Слика 12), поред показних примера могу се пронаћи и YouTube видео материјали са поступцима решавања неких конкретних примера (Слика 13). Свака лекција се завршава секвенцом која садржи кратак закључак и литературу.



Слика 8. Пример лекције из интерактивног наставног материјала – мапа ума лекције

03 - Leva i desna granična vrednost funkcije Nazad

Definicija leve i desne granične vrednosti funkcije

Funkcija ima graničnu vrednost u nekoj tački ako i samo ako postoji leva i desna granična vrednost funkcije u toj tački i jednake su.

Funkcija $y = f(x)$ definisana u intervalu $[a, b]$ ima u tački $x_0 \in [a, b]$ **levu graničnu vrednost** $A \in \mathbb{R}$ ako za svako $\epsilon > 0$ postoji $\delta = \delta(\epsilon) > 0$, tako da je

$$|f(x) - A| < \epsilon$$

za svako $x \neq x_0$ takvo da je $x_0 - \delta < x < x_0$. To označavamo sa

$$\lim_{x \rightarrow x_0^-} f(x) = A.$$

Funkcija $y = f(x)$ definisana u intervalu $[a, b]$ ima u tački $x_0 \in [a, b]$ **desnu graničnu vrednost** $A \in \mathbb{R}$ ako za svako $\epsilon > 0$ postoji $\delta = \delta(\epsilon) > 0$, tako da je

$$|f(x) - A| < \epsilon,$$

za svako $x \neq x_0$ takvo da je $x_0 < x < x_0 + \delta$. To označavamo sa

$$\lim_{x \rightarrow x_0^+} f(x) = A.$$

Stav. Funkcija f ima graničnu vrednost A u tački x_0 ako i samo ako je leva granična vrednost jednaka desnoj graničnoj vrednosti funkcije f u tački x_0 .

Napomena. \. Dati stav je pogodan za određivanje postojanja granične vrednosti funkcije u nekoj tački. Dakle, ako se leva i desna granična vrednost funkcije u nekoj tački razlikuju tada ne postoji granična vrednost funkcije u toj tački.

Napomena. I u slučaju definisanja leve i desne granične vrednosti može se uvesti Hajneove definicija za ove pojmove koja je ekvivalentna datim definicijama.

© UNIVERZITET METROPOLITAN, Beograd / Kopiranje i umnožavanje nije dozvoljeno / Sva prava su zadržana.

Слика 9. Пример лекције из интерактивног наставног материјала – теоријски део

Answers from other learners

Question 1: Kako razumete Hajneovu definiciju granične vrednosti i zbog čega je ona ekvivalentna sa klasičnom definicijom granične vrednosti u tački? Za kakve situacije je pogodno nju primenjivati? (Uputstvo: razmislite o datom primeru i u koje svrhe je primenjena i njemu)

Answer

·

·

·

Koristi se za dokazivanje da ne postoji granična vrednost funkcije u posmatranoj tački

Hajneova definicija se koristi za dokazivanje toga da ne postoji granična vrednost funkcije u posmatranoj tački.

Hajneova definicija granične vrednosti govori o tome kako je granična vrednost funkcije jedinstvena i ako prethodna definicija nije tačna za sve nizove (x_n) koji konvergiraju ka x_0 tada vrednost A pripada \mathbb{R} nije granična vrednost funkcije $f(x)$ a pogodna je za korišćenje kada treba da se dokaže da ne postoji granična vrednost neke funkcije u posmatranoj tački.

Pa Hajneovu definiciju možemo da koristimo ako želimo da dokažemo da granična vrednost neke funkcije ne postoji u nekoj određenoj tački.

Prema Hajneovoj definiciji granične vrednosti funkcije je jedinstvena i ova definicija se koristi za dokazivanje da li postoji granična vrednost neke funkcije

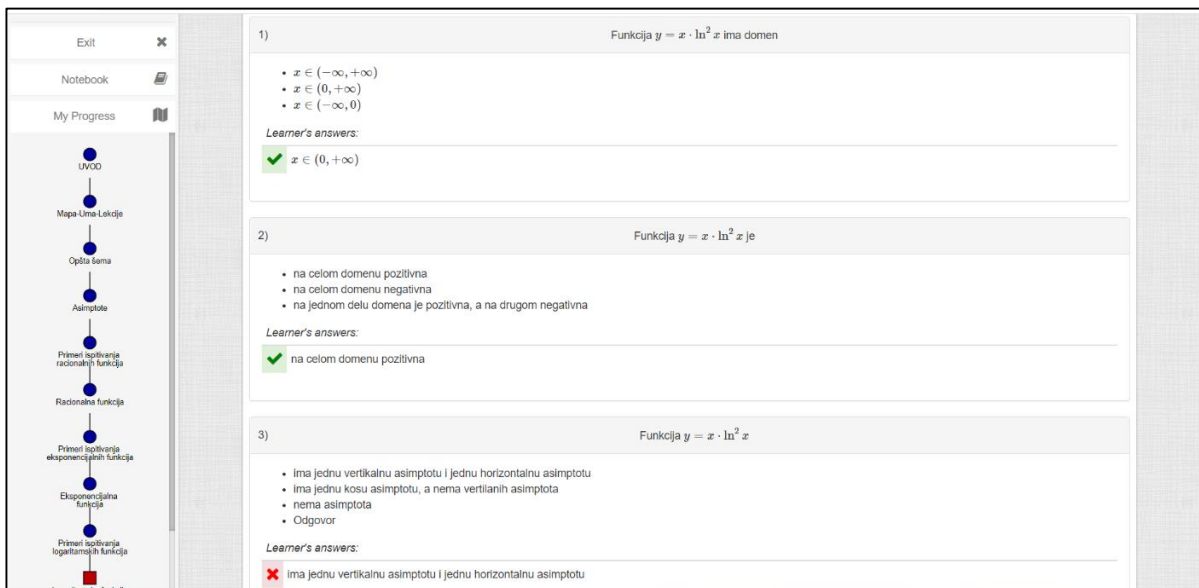
·

Po Hajneovoj definiciji je granična vrednost funkcije jedinstvena i koristimo je za dokazivanje da li postoji granična vrednost određene funkcije.

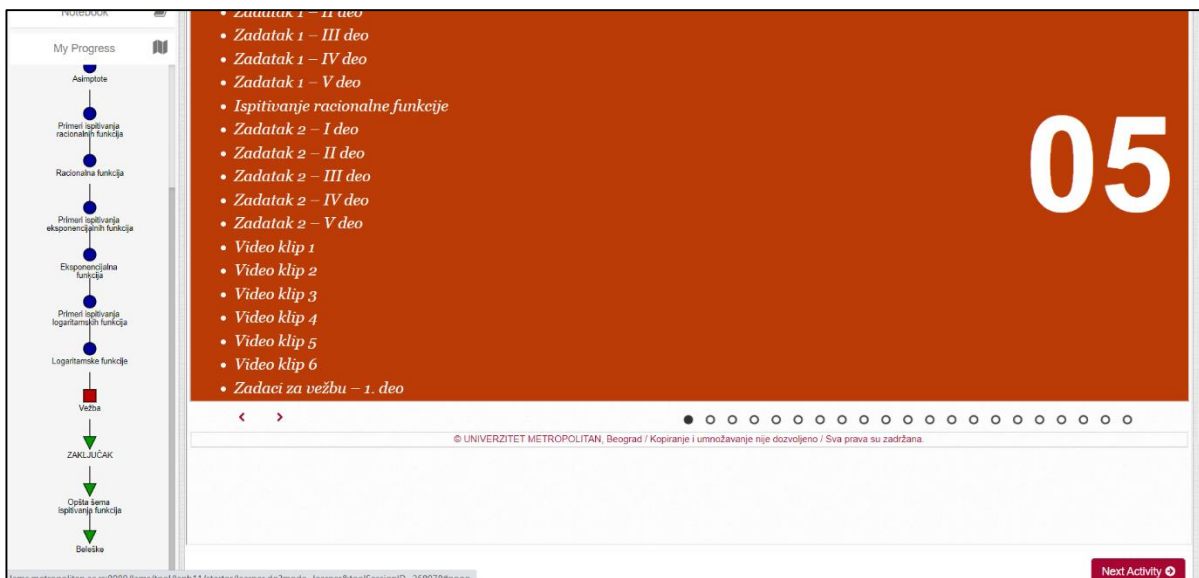
1 to 10 (11) 10

Refresh Redo questions Next activity

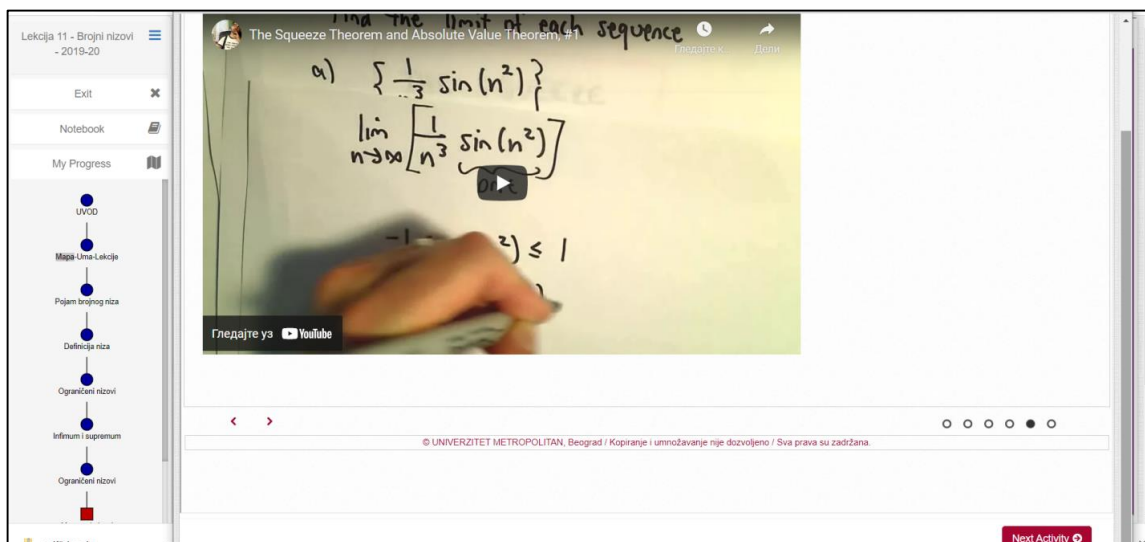
Слика 10. Пример лекције из интерактивног наставног материјала – отворено питање



Слика 11. Пример лекције из интерактивног наставног материјала – понуђени одговори



Слика 12. Пример лекције из интерактивног наставног материјала – показне вежбе



Слика 13. Пример лекције из интерактивног наставног материјала – показне вежбе (видео снимак)

Комплетан наставни материјал који је описан, постављен је на LAMS платформу за учење и доступан је свим студентима, без обзира на наставно окружење које су изабрали приликом уписа. Студенти на крају сваке школске године оцењују наставне материјале и то се узима као један од критеријума приликом креирања или модификовања истих за наредну школску годину.

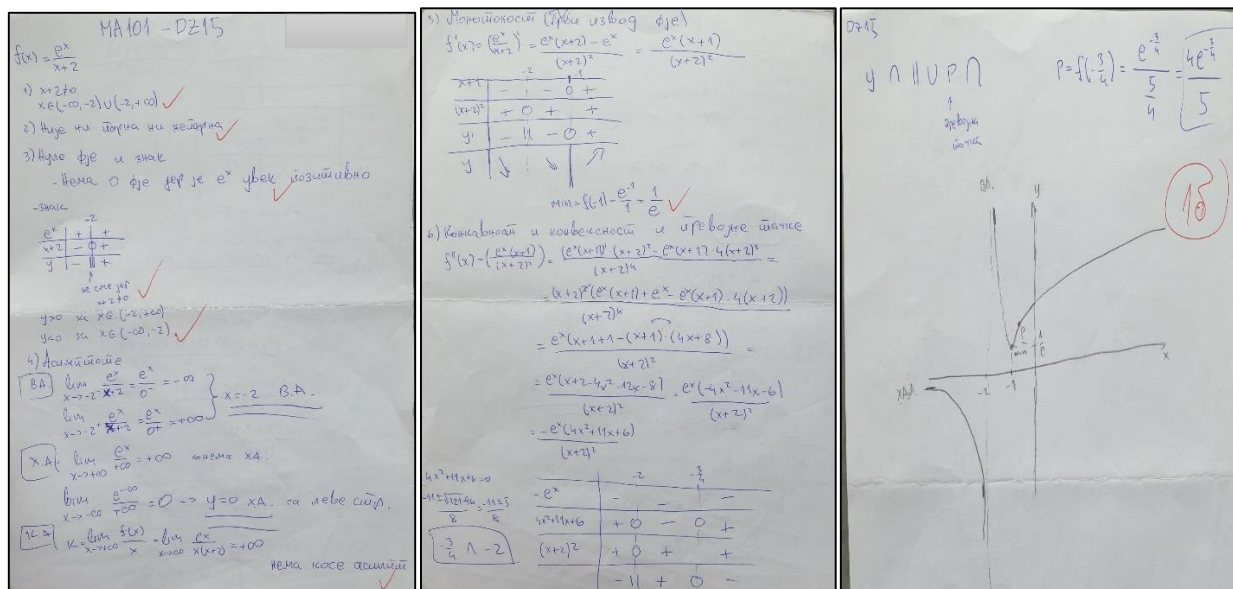
3.2.4.3. Процена и праћење академских постигнућа

Провере које прате прогрес студената и њихова академска постигнућа у оквиру курса Математика 1 (основни курс математике) састоје се из два дела: предиспитних обавеза (које укључују домаће задатке и колоквијуме) и самог испита. Начин на који се спроводе поменуте провере зависи од наставног окружења које су студенти изабрали приликом уписа.

3.2.4.3.1. Домаћи задаци

Приступ изради домаћег задатка је другачији од уобичајеног. Студенти из традиционалног и комбинованог наставног окружења су домаће задатке радили у учионици, након вежби наредне недеље. На пример, након обраде прве лекције, студенти имају недељу дана да савладају и увежбају градиво. Следеће недеље након обраде нове (друге) лекције,

студенти добију „домаћи задатак“ из прве лекције који треба да ураде у учионици, док асистент дежура (10-15 минута у зависности од задатка). Разлог за реализацију домаћих задатака на овај начин је избегавање плагирања и несамосталног рада домаћих задатака којем су студенти прибегавали претходних година док су домаће задатке радили код куће јер су то видели као прилику за максималан број поена (пошто се домаћи задаци оцењују). Слика 14 приказује пример доброг решења домаћег задатка за традиционалне студенте.



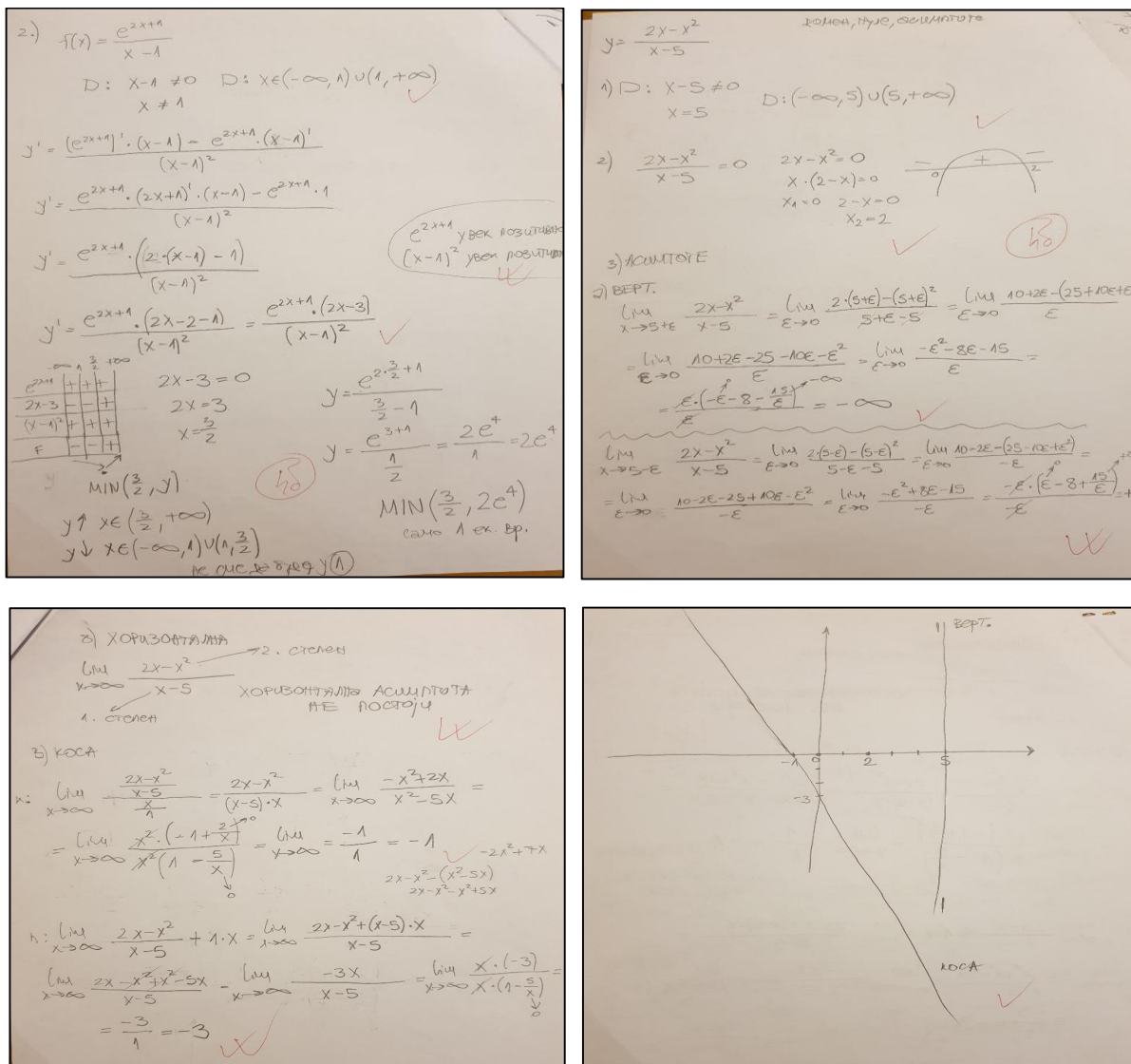
Слика 14. Пример решења једног домаћег задатка (традиционални студент)

Студенти онлајн наставног окружења су домаће задатке радили код куће (следећи сопствени распоред и организацију) и били су у обавези да своја решења предају најкасније десет дана пре испитног рока у којем полажу испит, уз обавезну „одбрану домаћих задатака“. Одбрана је подразумевала онлајн видео састанак у договору са асистентом, где студент објашњава свој поступак израде задатака и одговара на питања асистента која се односе на те задатке. Након одбране студенти добију одговарајући број поена, сразмерно поступцима решавања и одговорима на одбрани.

3.2.4.3.2. Колоквијум

Реализација колоквијума се такође разликовала у зависности од наставног окружења. Студенти традиционалног и комбинованог окружења су колоквијуме радили у

просторијама факултета, у унапред заказаном термину. Колоквијум је трајао сат времена и обухватао је пет лекција које су претходно обрађене и тестиране кроз домаће задатке.

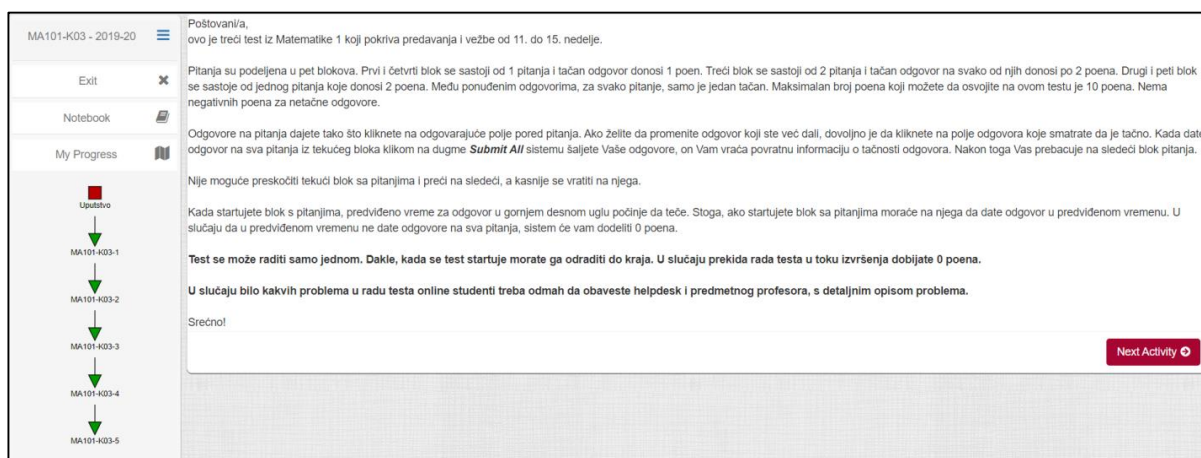


Слика 15. Пример решења једног дела колоквијума (традиционални студент)

Колоквијум се састојао из три задатка: у првом задатку су била четири примера која проверавају да ли су студенти савладали појам граничне вредности функције, тј. да ли за дате лимесе знају да одреде њихову граничну вредност или да покажу да она не постоји; други задатак је имао за циљ да провери да ли су студенти савладали примену диференцијалног рачуна за одређивање монотоности и локалних екстрема експоненцијалне функције; док је последњи, трећи задатак тестирао да ли студенти умеју да одреде домен, нуле и знак рационалне функције, са посебним акцентом на одређивање и разумевања појма

асимптота функције. Слика 15 приказује како је један од традиционалних студената успешно решио део задатака са колоквијума.

Студенти онлајн окружења су колоквијум радили у форми теста (следећи сопствени распоред и организацију, уз обавезу да га заврше најкасније десет дана пре испитног рока у којем полагају испит). Тест и колоквијум обухватају идентично градиво и сами задаци су такође врло слични, тако да ће се у наставку термин „онлајн колоквијум“ односити на колоквијум који је намењен студентима онлајн наставног окружења. Дакле, онлајн колоквијум је био постављен на LAMS платформу за учење. Слика 16 приказује почетну страну онлајн колоквијума са детаљним упутством за студенте.



Слика 16. Почетна страна теста - онлајн колоквијума за студенте онлајн наставног окружења

Студенти су само једном могли да приступе решавању онлајн колоквијума. Форма колоквијума је била таква да студенти бирају један од понуђених одговора. Онлајн колоквијум се састојао из пет блокова и сваки од њих је садржао задатак са временским ограничењем за решавање. Слика 17 илуструје примере задатака са теста као и поменуто временско ограничење (одбројавање је приказано у горњем десном углу). Како су студенти тест радили код куће, временско ограничење је постављено да би се спречило (или бар ограничило) њихово искушење за преписивањем. Када се стартује блок питања, предвиђено време за одговор у горњем десном углу почиње да тече. Поред тога, сваки блок је имао своју базу задатака из које је систем насумично бирао задатак, тако да сваки студент добије своју верзију теста са различитом комбинацијом задатака. Задаци по блоковима односно базама су организовани на следећи начин:

- први блок је повлачио задатке из базе која је садржала елементарна теоријска питања која се односе на градиво које је обухваћено тестом (претходних пет лекција које изучавају особине функције);

- други блок је повлачио задатке из базе која је садржала задатке који су тестирали да ли студенти умеју да одреде домен, нуле и знак функције;
- трећи блок је повлачио задатке из базе која је садржала задатке који проверавају да ли су студенти савладали појам граничне вредности функције, тј. да ли за дате лимесе знају да одреде њихову граничну вредност;
- четврти блок је из базе повлачио задатке који су се односили на одређивање и разумевања појма асимптота функције;
- последњи, пети блок је из базе повлачио задатке који су имали за циљ да провере да ли су студенти савладали примену диференцијалног рачуна за одређивање монотоности и локалних екстрема као и интервале конвексности/конкавности и одређивање превојних тачака датих функција.

Кликом на дугме „Submit All“ систему се шаље одговор из једног блока а студент аутоматски добија повратну информацију о тачности његовог одговора (приказано је на Слици 8), затим се пребацује на следећи блок питања. Није било могуће прескакати блокове питања као ни накнадно се враћати на њих.

Time left

* Granična vrednost

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \left(\frac{n^2 + 2}{n^2 + 1} \right)^{3n^2}$$

Iznosi

Choose one of the following answers.

e

1

e³

e⁻⁴

Instructions

07:35
Time left

* Domen funkcije

$$y = -\frac{x}{4-x^2} + \ln(x^3 - x).$$

je

Choose one of the following answers.

$(-\infty, -1) \cup (1, 2) \cup (2, +\infty)$

$(-1, 0) \cup (1, 2) \cup (2, +\infty)$

$(-1, 0) \cup (1, 2)$

$(-\infty, 0) \cup (1, 2) \cup (2, +\infty)$

Submit all

Instructions

06:56
Time left

* Funkcija

$$y = e^{\frac{1}{x}}$$

ima

Choose one of the following answers.

nema asimptota

vertikalnu asimptotu $x = 0$, kao i kosu asimptotu $y = x + 1$

vertikalnu asimptotu $x = 0$, kao i horizontalnu asimptotu $y = 1$

vertikalnu asimptotu $x = 0$, kao i kosu asimptotu $y = 1$

Submit all

i	Started on	6 June 2022 7:01:12 AM
	Completed on	6 June 2022 7:01:48 AM
	Time taken (minutes)	0 hour(s) 0 minutes
	Grade:	2 out of a maximum of 2 (100%)

Resubmit

Next Activity ↕

Слика 17. Примери задатака са онлајн колоквијума (са временским ограничењем и повратном информацијом за студента)

3.2.4.3.3. Завршни испит

Испит је за све студенте реализован у учионици, без обзира на њихово наставно окружење. Садржај курса Математика 1 као и задаци на самом испиту су били идентични за све студенте (традиционалног, комбинованог и онлајн наставног окружења).

Табела 3. Приказ радних обавеза студената групе 1 (школске 2019/20. године) и начин њихове реализације

Група 1	Наставно окружење (студијски програм)		
	Традиционално	Комбиновано	Онлајн
Домаћи задаци	У учионици, након часа наредне недеље		Онлајн (са одбраном)
Колоквијум	У учионици		Онлајн, у форми теста
Испит	У учионици		

У Табели 3 су приказане радне обавезе студената групе 1 (школске 2019/20. године) током курса Математика 1 и начин њихове реализације. Заправо, описани начин рада је функционисао до 15. марта 2020. године, када је проглашено ванредно стање у земљи (услед последица пандемије коју је изазвао вирус Ковид-19) када долази до огромне промене јер се комплетна настава пребацује на мрежу тј. „наставу на даљину“. Како је курс Математика 1 из првог семестра (настава школске 2019/20. године се завршила у јануару 2020. године), споменута промена није утицала ни на који начин, како на реализацију наставе тако ни на провере и тестирања.

3.2.4.4. Анализа колоквијума по задацима

Професор и асистент су комбиновали метод дефиниције са методом слике коју су студенти до тада имали о функцијама, предпочили су им и примену граничне вредности. Током наставе, користили су различите трансформације алгебарских репрезентација функција које су омогућавале примену особина граничних вредности (функција), водећи рачуна о преласку са елементарног на напредно математичко мишљење студената (Tall & Vinner, 1981; Tall, 1995; Tall, 2003; Herlina, 2015). Како студенти Факултета информатичких технологија Универзитета Метрополитан нису студенти математичког већ техничког факултета, не проверава се њихово разумевање дефиниција. Фокус је на особинама граничне вредности и особинама функција, тачније на студентским постигнућима јер ће

усвојена знања примењивати у даљем студирању и раду. На предавањима и вежбама су рађени задаци слични онима који су дати и на колоквијуму.

Колоквијум се састојао из три задатка:

1. Израчунати граничне вредности:

$$\text{а) } \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{-8x^3 - 12x^2 + 4x - 3}{2x^3 + 7x^2 - 2x + 7} \quad \text{б) } \lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin 3x}{\sin 5x} \quad \text{в) } \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{x^2}{e^x} \quad \text{г) } \lim_{x \rightarrow \infty} \left(\frac{2x+1}{2x-4} \right)^{\frac{5x^2-2}{3x+3}}$$

2. Одредити домен, монотоност и локалне екстреме функције $f(x) = \frac{e^{2x+1}}{x-1}$

3. Дата је функција $f(x) = \frac{2x-x^2}{x-5}$. Одредити домен, нуле и асимптоте (скицирати значење асимптота).

У првом задатку су дата четири задатка која проверавају да ли су студенти савладали особине граничних вредности и у којој мери могу да их примењују. У прва два примера:

а) $\lim_{x \rightarrow \infty} \frac{-8x^3 - 12x^2 + 4x - 3}{2x^3 + 7x^2 - 2x + 7}$ и б) $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin 3x}{\sin 5x}$ од студената је тражено да израчунају граничне вредности функције у једноставнијим случајевима. У првом примеру x тежи бесконачности ($x \rightarrow \infty$) а у другом примеру коначној вредности ($x \rightarrow 0$). Студенти су ове задатке решавали на различите начине.

На пример, Слика 18 приказује како студент С1 поступно одређује граничну вредност функције, користећи трансформације алгебарских репрезентација функције да би могао применити особине граничне вредности. Дакле, студент С1 успешно користи досадашње математичко знање (према Толу, (Tall, 1997)) из елементарне математике да би применио особине граничне вредности, односно појмове више математике. Студент С2 (Слика 18), међутим одмах уочава и истиче образложење: највећи степен полинома и у бројиоцу и у имениоцу је три, одакле следи резултат. Аналогно и студент С3 (Слика 19) одговора на први а) задатак. Студенти С2 и С3 су користили метод дефиниције (према Толу, (Tall, 1992)) при решавању првог примера првог задатка. Наиме, на предавањима и вежбама су рађени слични задаци, па су се студенти само позвали на већ показане трансформације алгебарских репрезентација рационалних функција, код којих су степени полинома бројиоца и имениоца били у различитој зависности. Студенти С2 и С3 су оспособљени за примену оваквих типова граничних вредности.

На Слици 19, можемо видети како студент С3 пример под б) $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin 3x}{\sin 5x}$ успешно решава уз помоћ, на часу показаних, граничних вредности функције (што је и истакао формулом у горњем десном углу). Међутим, исти студент такође користи и претходно знање из трансформација алгебарских израза да би одредио граничну вредност у следећем кораку. Можемо рећи да студент С3 успешно комбинује метод слике коју је имао на основу досадашњег образовања и метод дефиниције (према Толу, (Tall, 1992)) да би употпунио слику о особинама функције.

$$\lim_{x \rightarrow \infty} \frac{-7x^3 - 3x^2 + 4x - 9}{2x^3 + 4x^2 - 2x + 3} = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{x^3(-7 - \frac{3}{x} + \frac{4}{x^2} - \frac{9}{x^3})}{x^3(2 + \frac{4}{x} - \frac{2}{x^2} + \frac{3}{x^3})} = \frac{-7}{2} = -3\frac{1}{2}$$

b) $\lim_{x \rightarrow \infty} \left(\frac{2x+1}{2x-1} \right)^{\frac{5x^2-2}{3x+3}}$

1.

a) $\lim_{x \rightarrow \infty} \frac{-7x^3 - 3x^2 + 4x - 9}{2x^3 + 4x^2 - 2x + 3} = -\frac{7}{2}$

Највећи степен у бројоку и имениоку је на трећа, они ће се пократити и остатке $-\frac{7}{2}$ и остали чак у нулу.

Слика 18. Пример студентских С1 (горе) и С2 (доле) одговора (решења 1. а) задатка)

c) $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin 5x}{\sin 3x} = \lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin 5x}{5x} \cdot \frac{5x}{3x} \cdot \frac{3x}{\sin 3x} = \lim_{x \rightarrow 0} \frac{1 \cdot 5x}{1 \cdot 3x} = \frac{5}{3}$

$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin x}{x} = 1$

a) $\lim_{x \rightarrow \infty} \frac{-7x^3 - 3x^2 + 4x - 9}{2x^3 + 4x^2 - 2x + 3} = \frac{-7}{2}$ → највећи степен је i у бројоку и имениоку

d) $\lim_{x \rightarrow \infty} \frac{x^2}{e^x} \stackrel{L.P.}{=} \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{(x^2)'}{(e^x)'} = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{2x}{e^x} = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{(2x)'}{(e^x)'} = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{2}{e^x} = 0$

Слика 19. Пример студентског С3 одговора (решење 1. задатка)

Слика 20 приказује како је студент С4 покушао да реши исти (први под б) задатак, помоћу Лопиталовог правила али је погрешно приликом израчунавања извода, то јест није знао или је занемарио чињеницу да су функције $\sin 3x$ и $\sin 5x$ сложене функције и због

тога је погрешно. У овом случају је студент покушао да уради задатак само на основу метода дефиниције али није у томе успео јер није савладао особине првог извода.

a) $\lim_{x \rightarrow \infty} \frac{-7x^3 - 3x^2 + 4x - 9}{2x^3 + 4x^2 - 2x + 3} = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{x^3(-7 - \frac{3}{x} + \frac{4}{x^2} - \frac{9}{x^3})}{x^3(2 + \frac{4}{x} - \frac{2}{x^2} + \frac{3}{x^3})} = \frac{-7}{2}$

b) $\lim_{x \rightarrow \infty} \left(\frac{2x+1}{2x-4} \right)^{\frac{5x^2-2}{3x+3}} = \lim_{x \rightarrow \infty} \left(\frac{2x+1}{2x-4} + 1 - 1 \right)^{\frac{5x^2-2}{3x+3}} =$
 $= \lim_{x \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{2x+1-2x+4}{2x+4} \right)^{\frac{5x^2-2}{3x+3}} = \lim_{x \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{5}{2x+4} \right)^{\frac{5x^2-2}{3x+3}} =$
 $= \lim_{x \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{1}{\frac{2x+4}{5}} \right)^{\frac{5x^2-2}{3x+3}} = \lim_{x \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{1}{\frac{2x+4}{5}} \right)^{\frac{2x+4}{5} \cdot \frac{5x^2-2}{3x+3} \cdot \frac{5}{2x+4}} =$
 $= e^{\lim_{x \rightarrow \infty} \frac{25x^2-10}{6x^2+12x+6x+12}} = e^{\lim_{x \rightarrow \infty} \frac{25x^2-10}{6x^2+18x+12}} = e^{\lim_{x \rightarrow \infty} \frac{x^2(25 - \frac{10}{x^2})}{x^2(6 + \frac{18}{x} + \frac{12}{x^2})}} =$
 $= e^{\frac{25}{6}}$

c) $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin 5x}{\sin 3x} \left(\frac{0}{0} \right) = \lim_{x \rightarrow 0} \left(\frac{\sin 5x}{\sin 3x} \right)' = \lim_{x \rightarrow 0} \frac{\cos 5x}{\cos 3x} = \frac{1}{1} = 1$

d) $\lim_{x \rightarrow \infty} \frac{x^2}{e^x} \left(\frac{\infty}{\infty} \right) = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{2x}{e^x} \left(\frac{\infty}{\infty} \right) = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{2}{e^x} = 0$

Слика 20. Пример студентског С4 одговора (решење 1. задатка)

Следећи пример истог (првог) задатка в) $\lim_{x \rightarrow \infty} \frac{x^2}{e^x}$ представљао је неодређени облик $\frac{\infty}{\infty}$, тако да се од студената тражило да га пре свега препознају а затим да примене

Лопиталово правило за одређивање граничне вредности. Након прве примене поменутог Лопиталовог правила поново се добија исти неодређени облик " $\frac{\infty}{\infty}$ ", те га треба применити још једном. Сlike 19 и 20 приказују успешну и поступну примену из које се може закључити да су студенти С3 и С4 разумели Лопиталово правило и знају како да га примене. Слика 21 илуструје један занимљив одговор студента С5 који долази до решења истог примера на други начин. Студент даје образложење да експоненцијална функција која се налази у имениоцу овог разломка много брже расте и одлази у бесконачност од квадратне функције која је у бројиоцу и зато повлачи ову граничну вредност у нулу. Слика 22 такође приказује студентски одговор али је занимљива јер студент С6 у првом примеру (под в)) успешно примењује Лопиталово правило и долази до решења док у другом примеру (под б)) успешно примењује Лопиталово правило, али не успева да реши задатак. Један од разлога за одустајање од задатка може бити непознавање тригонометрије, недостатак информације да је $\cos 0 = 1$ или изостављање лимеса ($\lim_{x \rightarrow 0}$) у запису поступка рачунања, што може да збуни студента и саботира његов ток мисли.

c) $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin 5x}{\sin 3x} = \lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin 5x}{\sin 3x} \cdot \frac{3x}{5x} \cdot \frac{5}{3} = \frac{5}{3} \checkmark$

d) $\lim_{x \rightarrow \infty} \frac{x^2}{e^x} = 0 \checkmark$ Именилац је експоненцијална са x , e^x је много бржи у бесконачност од бројиоца. и зато иду нулу

Слика 21. Пример студентског С5 одговора (решење 1. б) и в) задатка)

1. v) $\lim_{x \rightarrow \infty} \frac{x^2}{e^x} = \frac{\infty^2}{e^\infty} \xrightarrow{\text{Лопит}} \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{(x^2)'}{(e^x)'} = \frac{2x}{e^x} \xrightarrow{\text{Лопит}} \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{2}{e^x} = \frac{2}{e^\infty} = \frac{2}{\infty} = 0$ ✓

1. б) $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin 5x}{\sin 3x} \xrightarrow{\text{Лопит}} \lim_{x \rightarrow 0} \frac{\cos 5x \cdot (5x)'}{\cos 3x \cdot (3x)'} = \frac{5 \cos 5x}{3 \cos 3x}$

Слика 22. Пример студентског С6 одговора (решење 1. в) и б) задатка)

Последњи пример у овом задатку био је г) $\lim_{x \rightarrow \infty} \left(\frac{2x+1}{2x-4} \right)^{\frac{5x^2-2}{3x+3}}$. Овај пример је такође могао да се реши на неколико начина. На Слици 20 је приказано како студент С4 решава овај задатак свдећи га трансформацијом алгебарских израза на познати задатак. Слика 23 такође приказује решење истог задатка, где студент С7 има исту идеју свођења на познати задатак, али примењује другачији поступак.

б) $\lim_{x \rightarrow \infty} \left(\frac{2x+1}{2x-4} \right)^{\frac{5x^2-2}{3x+3}} = \lim_{x \rightarrow \infty} \left(\frac{2x+1+5+5}{2x-4} \right)^{\frac{5x^2-2}{3x+3}} = \lim_{x \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{5}{2x-4} \right)^{\frac{5x^2-2}{3x+3}}$

$= \lim_{x \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{1}{\frac{2x-4}{5}} \right)^{\frac{5x^2-2}{3x+3} \cdot \frac{2x-4}{5} \cdot \frac{5}{2x-4}} = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{5x^2-2}{3x+3} \cdot \frac{2x-4}{5}$

$= \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{25x^2-10}{6x^2-12x+6x-12}$

$= \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{25x^2-10}{6x^2-6x-12}$

$= \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{x^2(25-\frac{10}{x^2})}{x^2(6-\frac{6}{x}-\frac{12}{x^2})} = \frac{25}{6} = 4\frac{1}{6}$

д) $\lim_{x \rightarrow \infty} x^2$

Слика 23. Пример студентског С7 одговора (решење 1. г) задатка)

У другом задатку од студената је тражено да одреде домен, испитају монотоност и одреде локалне екстреме функције $f(x) = \frac{e^{2x+1}}{x-1}$. Овај задатак је имао за циљ да провери да ли су студенти савладали примену диференцијалног рачуна за одређивање монотоности и локалних екстрема функције. Захтев за домен у овом задатку је имао за циљ да упозори студенте да приликом одређивања интервала монотоности воде рачуна о тачкама које не припадају домену функције. То је когнитивни конфликт при преласку са елементарног на напредно математичко мишљење (Tall, 1992; Такаћи, Решић & Татар, 2006) који студенти често имају приликом испитивања особина функција. Тешко прихватају чињеницу да функција може бити дефинисана на унији интервала, као и да се особине функције испитују само у тачкама домена.

На Слици 24 је приказан пример студентског решења где студент С8 са детаљним поступком успешно решава задатак. На истој слици видимо да је студент користио табеларну репрезентацију да би одредио знак првог извода. Занимљиво је да је испод знака стрелицама приказано да функција опада на интервалу $(-\infty, \frac{3}{2})$ што није тачно, али се у наставку јасно види да је студент С8 то разумео, јер када истиче интервале опадања пише да $x \in (-\infty, 1) \cup (1, \frac{3}{2})$ уз образложење да не сме да буде 1. Из овог задатка и начина рада се јасно види да студент одлично влада појмовима и да је у потпуности разумео и испунио очекивања задатка.

Слика 25 илуструје поступак решавања истог (другог) задатка где студент С9 није одредио област дефинисаности. На истој слици видимо да студент није експлицитно записао ни интервале монотоности, али се из табеларне репрезентације види да није знао (или је потпуно занемарио) да треба дискутовати и случај када је $x = 1$.

2.) $f(x) = \frac{e^{2x+1}}{x-1}$

D: $x-1 \neq 0$ D: $x \in (-\infty, 1) \cup (1, +\infty)$
 $x \neq 1$

$y' = \frac{(e^{2x+1})' \cdot (x-1) - e^{2x+1} \cdot (x-1)'}{(x-1)^2}$

$y' = \frac{e^{2x+1} \cdot (2x+1)' \cdot (x-1) - e^{2x+1} \cdot 1}{(x-1)^2}$

$y' = \frac{e^{2x+1} \cdot (2 \cdot (x-1) - 1)}{(x-1)^2}$

$y' = \frac{e^{2x+1} \cdot (2x-2-1)}{(x-1)^2} = \frac{e^{2x+1} \cdot (2x-3)}{(x-1)^2}$

e^{2x+1} увек позитивно
 $(x-1)^2$ увек позитивно

e^{2x+1}	+	+	+
$2x-3$	-	-	+
$(x-1)^2$	+	+	+
F	-	-	+

$2x-3=0$
 $2x=3$
 $x=\frac{3}{2}$

$y = \frac{e^{2 \cdot \frac{3}{2} + 1}}{\frac{3}{2} - 1}$

$y = \frac{e^{3+1}}{\frac{1}{2}} = \frac{2e^4}{1} = 2e^4$

$\text{MIN}(\frac{3}{2}, 2e^4)$
само 1 ек. вр.

$y \uparrow x \in (\frac{3}{2}, +\infty)$
 $y \downarrow x \in (-\infty, 1) \cup (1, \frac{3}{2})$
не оне \rightarrow $\delta x \rightarrow y(1)$

Слика 24. Пример студентског С8 одговора (решење 2. задатка)

$y = \frac{e^{2x+1}}{x-1}$ 2) Monotonost

$y' = \frac{e^{2x+1} \cdot (2x+1) \cdot (x-1) - e^{2x+1}}{(x-1)^2}$

$y' = \frac{e^{2x+1} \cdot 2(x-1) - e^{2x+1}}{(x-1)^2}$

$y' = \frac{e^{2x+1} (2x-2-1)}{(x-1)^2}$

$y' = \frac{e^{2x+1} (2x-3)}{(x-1)^2}$

$2x-3=0$
 $2x=3$
 $x = \frac{3}{2}$

~~1~~ 1!?!?

e^{2x+1}	+	+	+	+
$2x-3$	-	-	+	+
$(x-1)^2$	+	+	+	+
y'	-	-	+	+

$x_{min} = \frac{3}{2} \Leftrightarrow y_{min} = \frac{e^{2 \cdot \frac{3}{2} + 1}}{\frac{3}{2} - 1} = \frac{e^4}{\frac{1}{2}} = 2e^4$

$y_{min} = 2e^4$

intervali monotonosti!?!

Слика 25. Пример студентског С9 одговора (решење 2. задатка)

Захтев последњег, то јест трећег задатка је био да се одреди домен, нуле и асимптоте рационалне функције $f(x) = \frac{2x-x^2}{x-5}$. Од студената је тражено и да се скицирају асимптоте, како би и графички приказали да су разумели појам леве и десне граничне вредности функције. Домен функције би студенти свакако требало да одреде због одређивања асимптота (тачније вертикалне асимптоте), док је нула функције у овом задатку „сувишан“

податак/захтев. Идеја је била да студенти кроз захтев задатка добију један „сувишан“ податак који лако може да их наведе на погрешан начин размишљања уколико нису разумели појам асимптота функције, јер је акценат овог задатка управо био на њиховом одређивању и разумевању. Познато је из искуства, а такође и из литературе (Tall, 1997) да студенти имају проблема са таквим и сличним задацима где помешају бројилац и именилац, покушавају да одреде асимптоте у нулама бројиоца и поред тога што је функција дефинисана у тим тачкама, што даље указује да студенти нису разумели дефиницију вертикалне асимптоте. Студенти се са функцијом $f(x) = \frac{1}{x}, x \neq 0$ срећу још у основној школи (тачније у седмом разреду када се обрађује обрнута пропорционалност), требало би да им је добро позната и графичка репрезентација ове функције као и чињеница да функција f има и вертикалну ($x = 0$) и хоризонталну ($y = 0$) асимптоту.

Слика 26 приказује пример доброг решења са детаљним поступком из којег се врло јасно види да студент С10 уме да израчуна и још битније, разуме појам леве и десне граничне вредности што потврђује и графичким приказом то јест скицом.

Слика 27 представља лош пример студентског С11 решења. Студент С11 је очигледно савладао неке поступке решавања, али без икаквог разумевања јер је домен одредио како треба, али не зна (или бар није написао) да је то домен, затим изнад коректног поступка у којем табеларном репрезентацијом одређује знак функције, пише „домен“!? Осим тога, испод позитивних интервала функције стоји симбол који представља конвексну функцију која се одређује на основу знака другог извода функције. Даље, студент С11 тражи вертикалну асимптоту у нули функције ($x = 2$) уместо у тачки ($x = 5$) у којој функција није дефинисана. Приликом одређивања косе асимптоте можемо видети да овај студент познаје формулу за одређивање коефицијета правца k али греша приликом одређивања те граничне вредности тако да ни одсечак n на y -оси није тачан, до једначине праве није ни стигао. Дакле, из овог рада видимо да је студент С11 уложио одређени труд и рад у учење, али је такође очигледно да то није довољно, као и да није разумео шта је учио.

Слика 28 је занимљива јер је студент С12 тачно израчунао леву и десну граничну вредност, одредио вертикалну асимптоту, у образложењу је истакао „са обе стране“ али графички није то приказао. Исти студент је погрешно у рачуну приликом одређивања коефицијента правца (k) за косу асимптоту тако да ни одсечак n није тачан. Без обзира на тај пропуст студент С12 није ни покушао да скицира косу асимптоту, што потврђује да није савладао графички приказ и није у потпуности разумео појам асимптота. Осим ових примера који приказују непотпуне или нетачне одговоре студената, постоји још много других који потврђују да је студентима веома апстрактан појам леве и десне граничне вредности као и појам самих асимптота. Мали број студената је то савладао и разумео у потпуности, што је у сагласности са чињеницом да велики број студената у ствари не разуме граничну вредност функције и поред тога што је доста њих релативно добро урадило задатке где су користили особине граничне вредности функције.

$$y = \frac{2x - x^2}{x - 5}$$

DOMEN, NYJE, ASIMPTOTE

1) D: $x - 5 \neq 0$
 $x = 5$

D: $(-\infty, 5) \cup (5, +\infty)$

2) $\frac{2x - x^2}{x - 5} = 0$

$2x - x^2 = 0$

$x \cdot (2 - x) = 0$

$x_1 = 0 \quad 2 - x = 0$

$x_2 = 2$



3) ASIMPTOTE

2) BEPT.

$$\lim_{x \rightarrow 5^+} \frac{2x - x^2}{x - 5} = \lim_{\epsilon \rightarrow 0} \frac{2 \cdot (5 + \epsilon) - (5 + \epsilon)^2}{5 + \epsilon - 5} = \lim_{\epsilon \rightarrow 0} \frac{10 + 2\epsilon - (25 + 10\epsilon + \epsilon^2)}{\epsilon} =$$

$$= \lim_{\epsilon \rightarrow 0} \frac{10 + 2\epsilon - 25 - 10\epsilon - \epsilon^2}{\epsilon} = \lim_{\epsilon \rightarrow 0} \frac{-\epsilon^2 - 8\epsilon - 15}{\epsilon} =$$

$$= \frac{\epsilon \cdot (-\epsilon - 8 - \frac{15}{\epsilon})}{\epsilon} = -\infty$$

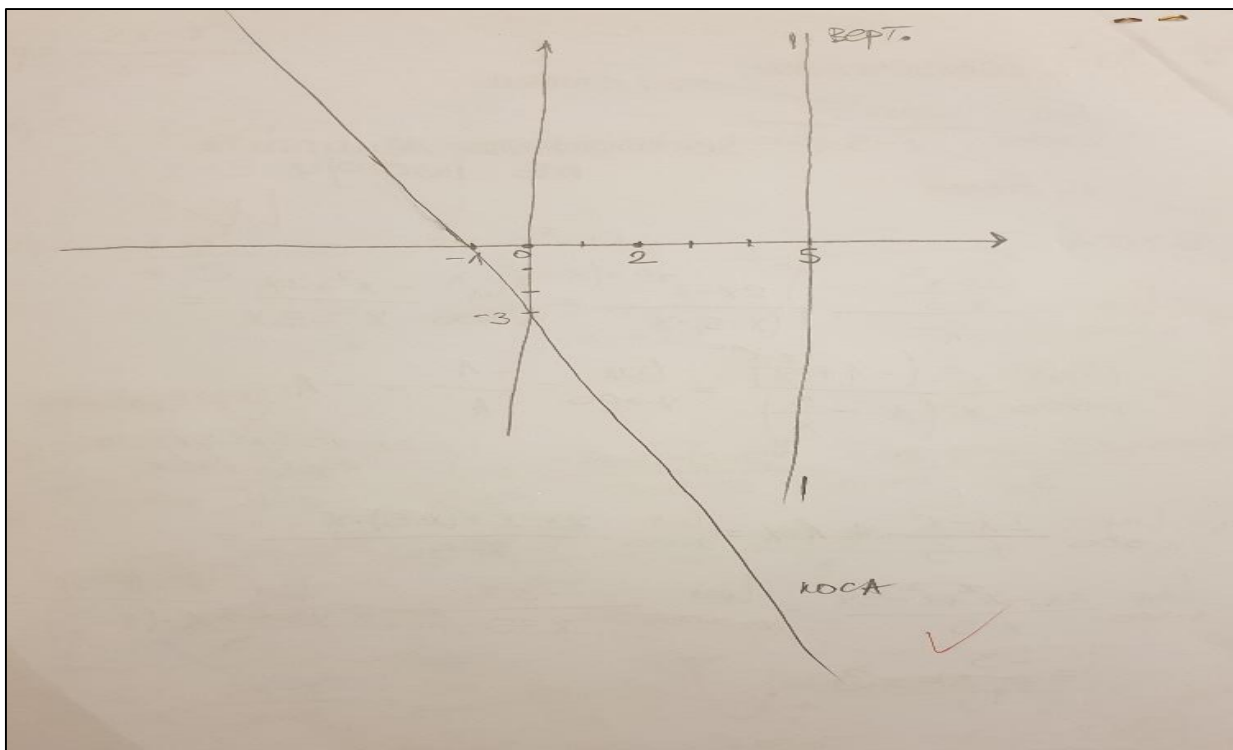
$$\lim_{x \rightarrow 5^-} \frac{2x - x^2}{x - 5} = \lim_{\epsilon \rightarrow 0} \frac{2 \cdot (5 - \epsilon) - (5 - \epsilon)^2}{5 - \epsilon - 5} = \lim_{\epsilon \rightarrow 0} \frac{10 - 2\epsilon - (25 - 10\epsilon + \epsilon^2)}{-\epsilon} =$$

$$= \lim_{\epsilon \rightarrow 0} \frac{10 - 2\epsilon - 25 + 10\epsilon - \epsilon^2}{-\epsilon} = \lim_{\epsilon \rightarrow 0} \frac{-\epsilon^2 + 8\epsilon - 15}{-\epsilon} = \frac{-\epsilon \cdot (\epsilon - 8 + \frac{15}{\epsilon})}{-\epsilon} = +\infty$$

а) ХОРИЗОНТАЛНА
 $\lim_{x \rightarrow \infty} \frac{2x - x^2}{x - 5}$
 1. СТЕПЕН 2. СТЕПЕН
 ХОРИЗОНТАЛНА АСИМПТОТА НЕ ПОСТОЈИ

б) КОСА
 $\lim_{x \rightarrow \infty} \frac{2x - x^2}{x - 5} = \frac{2x - x^2}{(x - 5) \cdot x} = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{-x^2 + 2x}{x^2 - 5x} =$
 $= \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{x^2 \cdot (-1 + \frac{2}{x})}{x^2 (1 - \frac{5}{x})} = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{-1}{1} = -1$
 $2x - x^2 - (x^2 - 5x) = 2x - x^2 - x^2 + 5x = -2x^2 + 7x$

в) $\lim_{x \rightarrow \infty} \frac{2x - x^2}{x - 5} + 1 \cdot x = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{2x - x^2 + (x - 5) \cdot x}{x - 5} =$
 $\lim_{x \rightarrow \infty} \frac{2x - x^2 + x^2 - 5x}{x - 5} = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{-3x}{x - 5} = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{x \cdot (-3)}{x \cdot (1 - \frac{5}{x})} =$
 $= \frac{-3}{1} = -3$



Слика 26. Пример студентског С10 одговора (решење 3. задатка)

$$f(x) = \frac{2x-x^2}{x-5}$$

$$\frac{2x-x^2}{x-5} > 0$$

DOMEIN

$x \neq 5$ $-x^2+2x = x(2-x) > 0$

$(-\infty, 5) \cup (5, +\infty)$ $x > 0$ $x < 2$

	$-\infty$	0	2	5	$+\infty$
$2x-x^2$	-	0	+	0	-
$x-5$	-	-	-	0	+
$f(x)$	+	-	+	-	+

$(-\infty, 0) \cup (2, 5)$?

NULA f-je.

$\frac{2x-x^2}{x-5} = 0$

$2x-x^2 = 0$

~~$x=5$~~

$x(2-x) = 0$

$2-x = 0 \quad \checkmark \quad x=0$

$x=2$

B.A.

$\lim_{x \rightarrow 2^+} \frac{2 \cdot 2 - 4}{2 - 5} = \frac{0^+}{-3} = -\infty$

$\lim_{x \rightarrow 2^-} \frac{2 \cdot 2 - 4}{2 - 5} = \frac{0^-}{-3} = +\infty$

X.A.

$\lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{2x-x^2}{x-5} = -\infty$

$\lim_{x \rightarrow -\infty} \frac{2x-x^2}{x-5} = +\infty$

K.A.

$K = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{2x-x^2}{x} = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{2x-x^2}{x^2-5x} = -1$

$n = (f(x) - Kx) = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{2x-x^2}{x-5} + x = \frac{2x-x^2-x+5}{x-5} = \frac{-x^2-x+5}{x-5}$

$n = -\infty$

OVA JE TAČHO DOMEIN??

Слика 27. Пример студентског С11 одговора (решење 3. задатка)

домен, нуле, асимптоте

3) $f(x) = \frac{2x-x^2}{x-5}$

$x-5 \neq 0$
 $x \neq 5$
 Df: $x \in (-\infty, 5) \cup (5, +\infty)$ ✓

$\frac{2x-x^2}{x-5} = 0$
 $x(2-x) = 0$
 $x=0$ $2-x=0$
 $-x=-2$
 $x=2$

$x \in$	$-\infty, 0$	$0, 2$	$2, 2,5$	$2,5, 5$	$5, +\infty$
$2x-x^2$	-	+	0	-	-
$x-5$	-	-	-	-	+
$f(x)$	+	0	-	+	-

$f(x) > 0$ за $x \in (-\infty, 0) \cup (2, 5)$
 $f(x) < 0$ за $x \in (0, 2) \cup (5, +\infty)$
 Нуле: $N_1(0, 0)$ ✓
 $N_2(2, 0)$

$\lim_{x \rightarrow 5^-} \frac{2x-x^2}{x-5} = \frac{10-25}{0^-} = +\infty$
 $\lim_{x \rightarrow 5^+} \frac{2x-x^2}{x-5} = \frac{10-25}{0^+} = -\infty$

- вертикална асимптота са обе стране $x=5$ ✓
 - нема хоризонталне а.

$k = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{f(x)}{x} = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{\frac{2x-x^2}{x-5}}{x} = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{2x-x^2}{x^2-5x} = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{2-2x}{2x-5} = \frac{2}{2} = 1$!

$n = \lim_{x \rightarrow \infty} f(x) - kx = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{2x-x^2}{x-5} + x = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{2x-x^2+x^2+5x}{x-5} = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{-2x^2+7x}{x-5} = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{-4x+7}{1} = -4$

$y = x - 4$ коса асимптота

Слика 28. Пример студентског С12 одговора (решење 3. задатка)

3.2.5. Сценарио учења групе 2 (школске 2020/21. године, током пандемије Ковид-19)

3.2.5.1. Организација наставе

Услед последица пандемије и промене коју је она изазвала, школске 2020/21. године реализована је само настава на даљину (дакле сви студенти су наставу пратили на мрежи - онлајн са мањим изменама, у зависности од наставног окружења које су одабрали приликом

уписа (традиционално, комбиновано или онлајн)). Студенти који су следили традиционално наставно окружење, претрпели су највеће промене у начину рада. Традиционални студенти су наставу (предавања и вежбе) пратили уживо, али на мрежи, у термину који је предвиђен распоредом часова. Студенти онлајн наставног окружења нису претрпели никакве промене, наставили су самостално да организују и прате наставу (следећи сопствени распоред, потребе и жеље) у складу са курикулумом курса који прати наставни материјал. Студенти комбинованог наставног окружења су предавања пратили на исти начин као и студенти онлајн окружења, с тим да су имали обавезу да се организују у року од недељу дана и обраде теоријски део лекције како би били спремни за праћење вежби које су биле организоване уживо на мрежи, у термину који је предвиђен распоредом часова. Студенти комбинованог окружења су на лични захтев могли да добију приступни линк како би уживо пратили и предавања на мрежи, заједно са колегама из традиционалног окружења. У Табели 4 је приказан начин реализације и праћења наставе групе 2 (школске 2020/21. године).

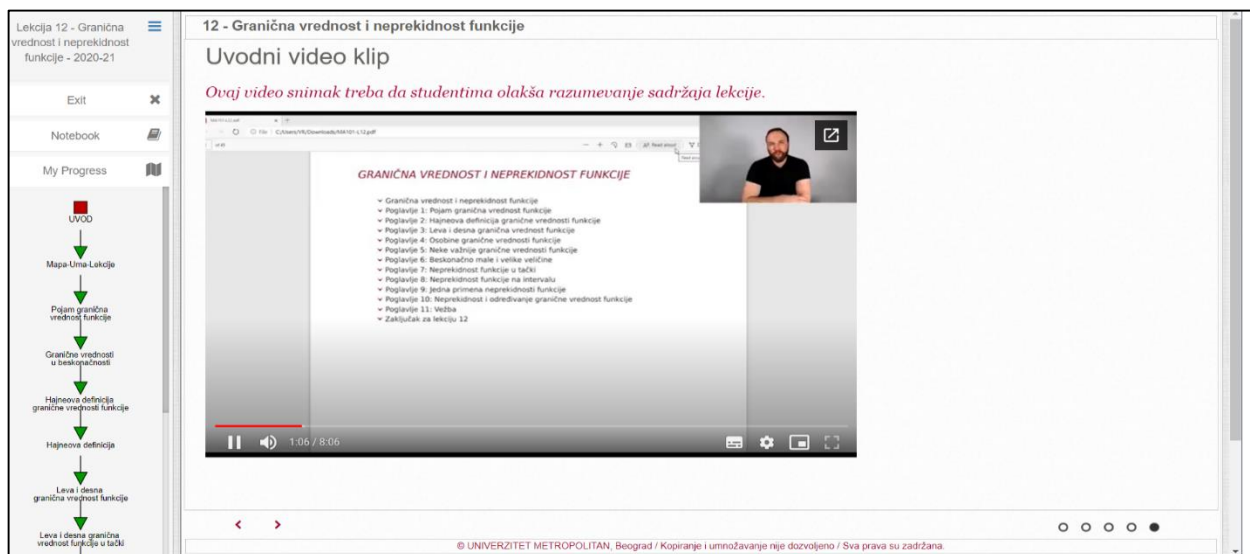
Табела 4. Приказ реализације и праћења наставе групе 2 (школске 2020/21. године)

Група 2	Наставно окружење		
	Традиционално	Комбиновано	Онлајн
Предавања	Уживо на мрежи, у термину по распореду	Онлајн (самостално) *	
Вежбе	Уживо на мрежи, у термину по распореду		Онлајн (самостално)

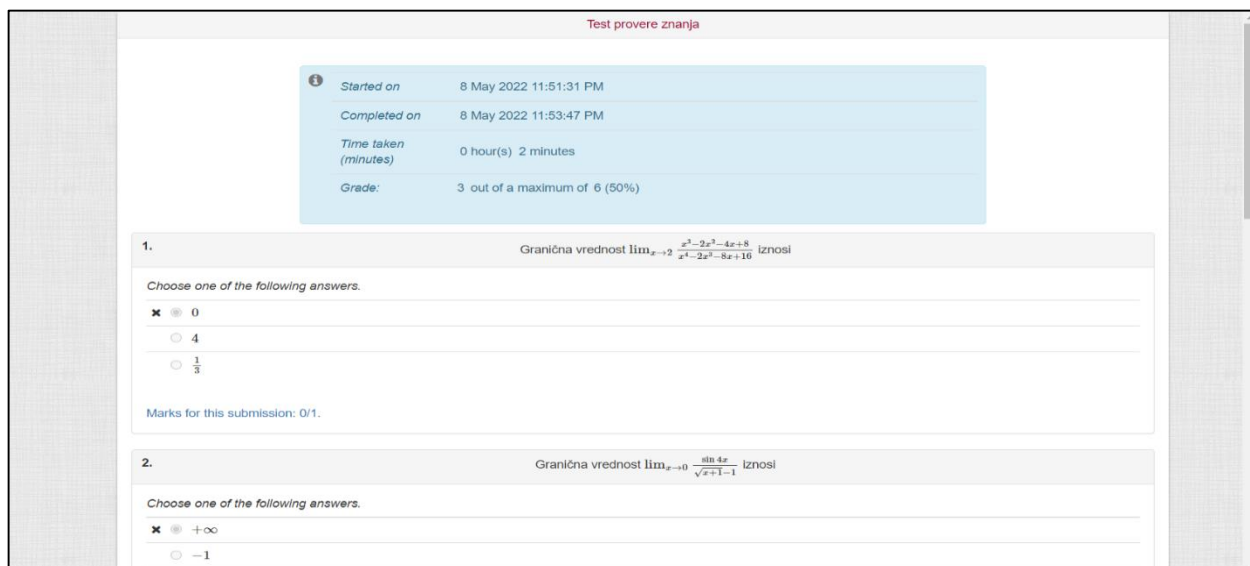
Легенда: *студенти комбинованог наставног окружења су на лични захтев могли да прате наставу и уживо на мрежи

3.2.5.2. Наставни материјали

Онлајн студенти групе 2 (школске 2020/21. године) нису променили своје окружење за учење у односу на групу 1 (школске 2019/20. године) са којом се пореде. Промена није утицала на њихов сценарио учења тако да је код њих све осим интерактивних наставних материјала остало исто. Дакле, као што је описано у претходном делу (поглављу 3.2.4.2), уз помоћ свог налога, студент приступа LAMS платформи за учење где се налазе описани наставни материјали (поглавље 3.2.4.2). Интерактивни наставни материјали групе 2 обogaћени су кратким видео материјалима (Слика 29) као и тестовима за самопроцену знања (Слика 30), у односу на постојеће интерактивне материјале групе 1. Споменути тестови се могу понављати више пута, приликом сваке итерације студент добија повратну информацију о успеху.



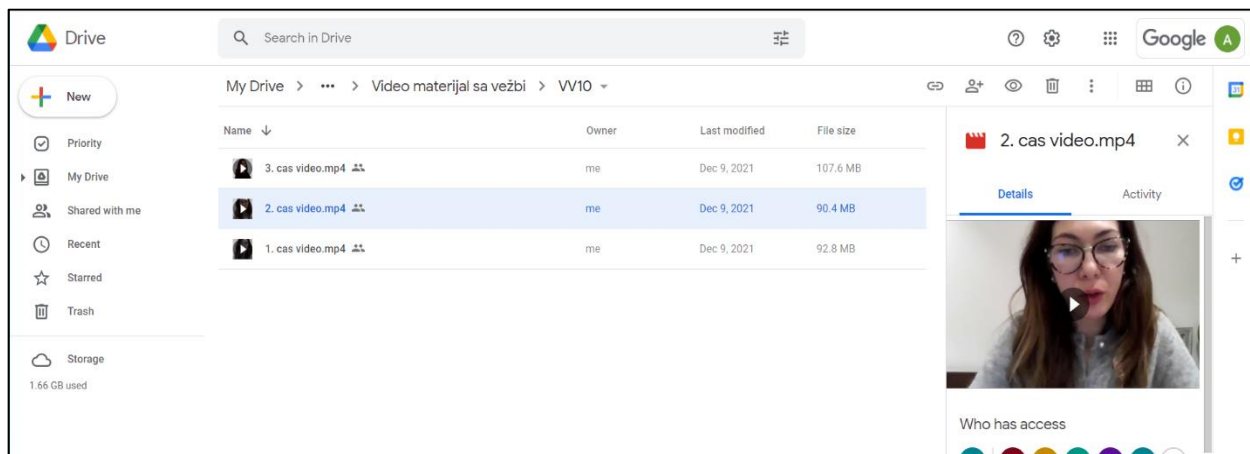
Слика 29. Пример видео материјала (интерактивни наставни материјали преко LAMS платформе)



Слика 30. Пример теста за самопроцену (интерактивни наставни материјали преко LAMS платформе)

Традиционални студенти групе 2 (школске 2020/21. године) су током наставе на даљину имали обавезу да присуствују онлајн вежбама и предавањима која су била реализована преко Zoom платформе, у фиксираним терминима који су предвиђени распоредом часова. Професори и асистенти су та предавања снимали у целости и постављали на Google Drive (Слика 31) како би студенти и накнадно могли да им приступе (приступ је дозвољен искључиво са факултетског налога). Студенти комбинованог

програма су практично радили по истом принципу као и традиционални студенти током наставе на даљину јер су на лични захтев могли да прате и видео часове предавања. Комплетан садржај материјала са LAMS платформе за учење је био доступан свим студентима, без обзира на наставно окружење које су одабрали приликом уписа.



Слика 31. Пример видео часа са традиционалним студентима

3.2.5.3. Процена и праћење академских постигнућа

Као што је описано раније (у поглављу 3.2.4.3), провере које прате прогрес студената и усвајање знања у оквиру курса Математика 1 су се састојале из два дела: предиспитних обавеза (које укључују домаће задатке и колоквијуме) и самог испита. Начин на који се спроводе споменуте провере зависи од наставног окружења које студенти изаберу приликом уписа.

Студенти онлајн наставног окружења групе 2 су домаће задатке радили и бранили на исти начин као и онлајн студенти групе 1 (школске 2019/20. године) (описано је у поглављу 3.2.4.3.1), док су студенти традиционалног и комбинованог наставног окружења групе 2 (школске 2020/21. године) претрпели одређене измене. Они су домаће задатке радили онлајн, након часа наредне недеље, по сличном принципу који је објашњен у претходном поглављу, али са одређеним изменама које су подразумевале неколико различитих група. На пример, данас обрадимо прву лекцију, студенти имају недељу дана да савладају и увежбају градиво те лекције. Следеће недеље након обраде друге лекције, студенти путем е-мејла добију „домаћи задатак“ из прве лекције који треба да ураде, усликају и пошаљу решење са поступком асистенту назад у року од 15-20 минута, у зависности од задатака. Како би се умањиле и предупредиле ситуације са преписивањем и несамосталним радом, време за израду задатака је било ограничено, свака страна папира на

којој су решавали задатке је морала да буде потписана именом, презименом и бројем индекса и студенти су сваке недеље на други начин били бирани за неку од група задатака, тако да унапред нису могли да знају ко ће бити која група као ни на који начин ће бити формиране групе којих је било од три до шест.

Студенти сва три наставна окружења (традиционалног, комбинованог и онлајн) групе 2 (школске 2020/21. године) су колоквијуме радили у форми теста (тзв. „онлајн колоквијум“), који је био карактеристичан само за студенте онлајн наставног окружења у групи 1 (школске 2019/20. године). Начин реализације као и сам садржај теста то јест онлајн колоквијума није промењен и описан је у поглављу 3.2.4.3. Једина разлика је била то што су студенти традиционалног и комбинованог окружења групе 2 (школске 2020/21. године) онлајн колоквијум радили у истом термину, који је унапред договорен и заказан, док су студенти онлајн окружења, као и раније (у онлајн подгрупи групе 1), тест радили следећи сопствени распоред и организацију (уз обавезу да га заврше најкасније десет дана пре испитног рока у којем полажу испит).

Што се испита и испитних задатака тиче, није било апсолутно никаквих разлика у односу на групу 1 (школске 2019/20. године), како у начину одабира задатака, тако ни у начину реализације. Испит је реализован у учионици, за све студенте (без обзира на наставно окружење које су следили (традиционално, онлајн или комбиновано)) наравно, уз поштовање епидемиолошких мера. Садржај курса Математика 1, као и испитни задаци на самом испиту су били исти за студенте сва три наставна окружења групе 2 (школске 2020/21. године).

У Табели 5 су приказане радне обавезе током курса Математика 1 студената групе 2 и начин њихове реализације (школске 2020/21. године).

Табела 5. Приказ радних обавеза студената групе 2 (школске 2020/21. године) и начин њихове реализације

Група 2	Наставно окружење		
	Традиционално	Комбиновано	Онлајн
Домаћи задаци	Онлајн, након часа наредне недеље, са временским ограничењем		Онлајн (са одбраном)
Колоквијум	Онлајн у форми теста		
Испит	У учионици		

3.2.6. Анализа података

За анализу података коришћен је статистички пакет SPSS (Statistical Package for the Social Sciences). Анализирано је да ли различити фактори, као што су школска година (која са собом повлачи различите начине рада и наставне методе) и наставно окружење за учење, утичу на постигнућа студената (и одговарајуће категорије које су посматране). Како велики део података није био сагласан са нормалном расподелом (по Колмогоров-Смирнов (Kolmogorov–Smirnov) тесту), спроведени су непараметарски тестови. Ман-Витни (Mann-Whitney) тест је коришћен за испитивање да ли постоје статистички значајне разлике у зависној варијабли две групе (McElduff et al., 2010), док је Крускал-Валис (Kruskal-Wallis) тест коришћен у случајевима када су упоређиване три и више група (Cleophas & Zwinderman, 2016; Kruskal & Wallis, 1952). Сви тестови су рађени на нивоу значајности од 0.05.

3.3. Резултати

3.3.1. Статистичка анализа

Табела 6 илуструје да нема статистички значајних разлика у погледу постигнућа на домаћим задацима између групе 1 (школске 2019/20. године) и групе 2 (школске 2020/21. године), ни појединачно (задатак 1 – задатак 5), као ни сумативно ($p = .616$). Међутим, постоје статистички значајне разлике у постигнућима студената ако посматрамо колоквијум и испит. Студенти групе 2 су били знатно успешнији у изради колоквијума (Средњи ранг = 120.62) и остварили боље резултате ($U = 7153, p < .001$) у поређењу са студентима групе 1 (Средњи ранг = 73.63). Студенти групе 2 су остварили боље резултате ($U = 4218.5, p = .001$) и у изради испита (Средњи ранг = 92.40) у односу на студенте групе 1 (Средњи ранг = 69.49).

Резултати Крускал-Валис тестова који испитују разлике између постигнућа у односу на наставно окружење (традиционално, онлајн и комбиновано) студената групе 1 приказани су у Табели 7. Значајне разлике између три подгрупе су евидентне у погледу категорије укупних задатака ($H = 9.803, p = .007$), са Средњим рангом од 39.29 за традиционалне студенте, 60.86 за онлајн студенте и 55.24 за студенте из комбиноване подгрупе. Значајна разлика је утврђена у постигнућима приликом израде другог ($H = 13.217, p = .001$) и трећег ($H = 7.129, p = .028$) домаћег задатка, док у осталим домаћим задацима (првом, четвртном и петом) нема значајне разлике између подгрупа. Три подгрупе се нису значајно разликовале у категорији колоквијум, као ни у категорији испит.

Табела 8 приказује резултате Крускал-Валис теста који је коришћен да би се испитало да ли постоје разлике између различитог наставног окружења за учење (традиционалног, онлајн и комбинованог) у односу на постигнућа студената у оквиру групе 2 (школске 2020/21. године). Значајне разлике између три подгрупе су евидентирани у погледу укупних домаћих задатака ($H = 9.898, p = .007$). Значајна разлика је утврђена у постигнућима приликом израде првог ($H = 6.998, p = .030$), другог ($H = 16.247, p = .000$) и трећег ($H = 2.269, p = .026$) домаћег задатка, док у четвртном и петом домаћем задатку нема статистички значајне разлике између подгрупа. Три подгрупе се нису значајно разликовале у категорији колоквијум, као ни у категорији испит.

Табела 6. Анализа постигнућа студената између групе 1 (школске 2019/20. године) и групе 2 (школске 2020/21. године)

Посматране категорије	Средњи рангови		Ман-Витни		
	Група 1	Група 2	U скор	z скор	P вредност
Задатак 1 (Z1)	101.96	97.49	4631.500	-.549	.583
Задатак 2 (Z2)	97.60	101.05	5019.500	.427	.669
Задатак 3 (Z3)	102.08	97.39	4621.000	-.583	.560
Задатак 4 (Z4)	106.31	92.00	4066.500	-1.770	.077
Задатак 5 (Z5)	95.32	102.91	5222.500	.937	.349
Задаци укупно (Sum_Z)	101.76	97.66	4649.500	-.501	.616
Колоквијум (К)	73.63	120.62	7153.000	5.776	.000
Испит	69.49	92.40	4218.500	3.242	.001

Табела 7. Анализа постигнућа традиционалне, онлајн и комбиноване подгрупе студената групе 1 (школске 2019/20. године)

Посматране категорије	Средњи рангови			Крускал-Валис		
	Традиционална подгрупа	Онлајн подгрупа	Комбинована подгрупа	χ^2	Df	P вредност
Задатак 1 (Z1)	42.74	52.86	48.03	1.750	2	.417
Задатак 2 (Z2)	38.38	62.64	57.35	13.217	2	.001
Задатак 3 (Z3)	41.39	63.64	45.88	7.129	2	.028
Задатак 4 (Z4)	44.02	49.59	45.56	.455	2	.797
Задатак 5 (Z5)	41.80	51.32	52.41	3.046	2	.218
Задаци укупно (Sum_Z)	39.29	60.86	55.24	9.803	2	.007
Колоквијум (К)	43.49	51.18	46.41	.892	2	.640
Испит	36.00	34.38	44.86	2.622	2	.270

Легенда: χ^2 = Хи-квадрат; Df = Степени слободe

Табела 8. Анализа постигнућа традиционалне, онлајн и комбиноване подгрупе студената групе 2 (школске 2020/21. године)

Посматране категорије	Средњи рангови			Крускал-Валис		
	Традиционална подгрупа	Онлајн подгрупа	Комбинована подгрупа	χ^2	Df	<i>p</i> вредност
Задатак 1 (Z1)	53.27	76.00	48.19	6.998	2	.030
Задатак 2 (Z2)	56.80	77.54	34.62	16.247	2	.000
Задатак 3 (Z3)	54.64	73.92	44.57	7.269	2	.026
Задатак 4 (Z4)	54.27	65.23	46.12	3.096	2	.213
Задатак 5 (Z5)	53.99	63.96	53.05	1.233	2	.540
Задаци укупно (Sum_Z)	54.92	76.85	41.76	9.898	2	.007
Колоквијум (К)	53.26	59.00	58.74	.754	2	.686
Испит	48.29	45.27	34.63	4.233	2	.120

Легенда: χ^2 = Хи-квадрат; Df = Степени слободe

Ман-Витни тестови су коришћени да би се утврдило да ли постоје разлике у постигнућу студената у односу на онлајн подгрупе групе 2 (школске 2020/21. године) и групе 1 (школске 2021/20. године). Резултати приказани у Табели 9 показују да нема статистички значајних разлика између постигнућа онлајн подгрупа студената у погледу промене начина рада између групе 2 и групе 1 ни у једној категорији.

Табела 9. Анализа постигнућа између онлајн подгрупа студената групе 1 (школске 2019/20. године) и групе 2 (школске 2020/21. године)

Посматране категорије	Средњи рангови		Ман-Витни		
	Онлајн подгрупа групе 1	Онлајн подгрупа групе 2	<i>U</i> скор	<i>z</i> скор	<i>p</i> вредност
Задатак 1 (Z1)	11.77	13.12	63.500	-.469	.639
Задатак 2 (Z2)	11.27	13.54	58.000	-.875	.382
Задатак 3 (Z3)	13.09	12.00	65.000	-.421	.674
Задатак 4 (Z4)	12.23	12.73	68.500	-.178	.859
Задатак 5 (Z5)	11.23	13.58	57.500	-.830	.406
Задаци укупно (Sum_Z)	11.95	12.96	65.500	-.348	.728
Колоквијум (К)	10.68	14.04	51.500	-1.176	.239
Испит	7.69	11.68	25.500	-1.618	.106

Табела 10 илуструје да постоје значајне разлика између комбинованих подгрупа студената у погледу постигнућа у категорији укупних домаћих задатака ($p = .002$) као и у оквиру другог ($p < .001$) и трећег ($p = .049$) домаћег задатка. Средњи рангови указују да су студенти комбиноване подгрупе групе 1 (школске 2019/20. године) били успешнији у изради домаћих задатака од студената комбиноване подгрупе групе 2 (школске 2020/21. године). Уочене су статистички значајне разлике и у категорији колоквијум ($p = .003$) у корист студената комбиноване подгрупе групе 2. Они су показали већа постигнућа (Средњи ранг = 24.24) од својих колега из комбиноване подгрупе групе 1 (Средњи ранг = 13.65) што је у супротности са постигнућима на домаћим задацима. У погледу постигнућа у категорији испит није било значајних разлика између подгрупа.

Табела 10. Анализа постигнућа између комбинованих подгрупа студената групе 1 (школске 2019/20. године) и групе 2 (школске 2020/21. године)

Посматране категорије	Средњи рангови		Ман-Витни		
	Комбинована подгрупа групе 1	Комбинована подгрупа групе 2	U скор	z скор	p вредност
Задатак 1 (Z1)	23.12	16.57	117.000	-1.811	.070
Задатак 2 (Z2)	26.50	13.83	59.500	-3.520	.000
Задатак 3 (Z3)	23.41	16.33	112.000	-1.968	.049
Задатак 4 (Z4)	22.97	16.69	119.500	-1.740	.082
Задатак 5 (Z5)	20.82	18.43	156.000	-.670	.503
Задаци укупно (Sum_Z)	25.85	14.36	70.500	-3.172	.002
Колоквијум (K)	13.65	24.24	79.000	-2.952	.003
Испит	17.86	16.37	121.000	-.457	.648

У Табели 11 су приказани резултати Ман-Витни тестова који показују да постоји статистички значајна разлика у категорији колоквијум ($p < .001$) између постигнућа студената традиционалних подгрупа групе 1 (школске 2019/20. године) и групе 2 (школске 2020/21. године). Студенти традиционалне подгрупе групе 1 (Средњи ранг = 49.98) су остварили прилично слабија постигнућа у поређењу са својим колегама из подгрупе групе 2 (Средњи ранг = 83.57). Уочена је значајна разлика и у категорији испита. Студенти традиционалне подгрупе групе 1 (Средњи ранг = 45.67) су имали мања постигнућа ($p = .001$) у односу на традиционалну подгрупу групе 2 (Средњи ранг = 65.10). Резултати показују да нема статистички значајних разлика између постигнућа традиционалних студената у категорији укупних домаћих задатака као ни појединачних задатака, осим у другом домаћем задатку ($p = .038$).

Табела 11. Анализа постигнућа између традиционалних подгрупа студената групе 1 (школске 2019/20. године) и групе 2 (школске 2020/21. године)

Посматране категорије	Средњи рангови		Ман-Витни		
	Традиционална подгрупа групе 1	Традиционална подгрупа групе 2	<i>U</i> скор	<i>z</i> скор	<i>p</i> вредност
Задатак 1 (Z1)	68.57	68.45	2283.500	-.018	.986
Задатак 2 (Z2)	60.82	74.75	1819.000	-2.075	.038
Задатак 3 (Z3)	67.99	68.91	2256.500	-.138	.890
Задатак 4 (Z4)	71.89	63.83	1958.500	-1.205	.228
Задатак 5 (Z5)	63.79	72.33	2000.3000	-1.271	.204
Задаци укупно (Sum_Z)	65.58	70.87	2109.500	-.779	.436
Колоквијум (К)	49.98	83.57	1157.500	-4.975	.000
Испит	45.67	65.10	997.000	-3.360	.001

3.3.2. Анализа студентских радова са завршног испита

У складу са Законом о високом образовању Републике Србије и Правилником Универзитета Метрополитан, студенти могу да полажу испит након одслушаног семестра и стеченог услова за полагање испита. Испит се реализује у пет испитних рокова (јануарском, априлском, јунском, септембарском и октобарском року). Студенти самостално бирају у ком року ће полагати испит (предиспитне обавезе важе годину дана и дозвољено је полагање у сваком року све док студент не положи испит). Садржај самог испита као и области које се испитују су увек исте, али се задаци разликују од рока до рока. Због наведене комплексности непрегледно је и тешко приказати радове студената са свих испитних рокова, тако да ће у наставку бити дискутован само јануарски испитни рок. Овај рок је одабран јер велики број студената полаже испит одмах након слушања, то јест у јануарском испитном року.

У наставку ће бити представљени неки од студентских одговора на садржаје за које се зна да изазивају когнитивне конфликте и потешкоће у разумевању појма граничних вредности, посебно за разумевање асимптота. Анализирани су одговори студената из традиционалних подгрупа (групе 1 (школске 2019/20. године) и групе 2 (школске 2020/21. године)), јер је њихово окружење за учење највише промењено. Студенти из других подгрупа (комбиноване и онлајн) су имали сличне одговоре, коментаре и грешке.

$$\lim_{x \rightarrow -2-\epsilon} \frac{x^3}{4-x^2} = \lim_{\epsilon \rightarrow 0} \frac{(-2-\epsilon)^3}{4-(-2-\epsilon)^2} =$$

$$\lim_{\epsilon \rightarrow 0} \frac{-8}{4-4+4\epsilon+\epsilon^2} = +\infty$$

$$\lim_{x \rightarrow -2+\epsilon} \frac{x^3}{4-x^2} = \lim_{\epsilon \rightarrow 0} \frac{(-2+\epsilon)^3}{4-(\epsilon-2)^2} = \lim_{\epsilon \rightarrow 0} \frac{-8}{4-\epsilon^2+4\epsilon} = -\infty$$

вертикална
 за $x = -2$ има вертикална

Слика 32. Рад студента СК1 (1.део)

$$\lim_{x \rightarrow 2-\epsilon} \frac{x^3}{4-x^2} = \lim_{\epsilon \rightarrow 0} \frac{(2-\epsilon)^3}{4-(\epsilon-2)^2} =$$

$$\frac{8}{4-4+4\epsilon+\epsilon^2} = +\infty$$

$$\lim_{x \rightarrow 2+\epsilon} \frac{x^3}{4-x^2} = \lim_{\epsilon \rightarrow 0} \frac{8}{4+4-4\epsilon-\epsilon^2} = -\infty$$

за $x = 2$ има вертикална асимптота

Слика 33. Рад студента СК1 (2. део)

Слике 32 и 33 приказују рад студента СК1 из групе 1 (школске 2019/20. године). Студент СК1 је правилно користио ϵ околицу за одређивање граничних вредности и добро одредио обе вертикалне асимптоте $x = -2$ и $x = 2$. Графички приказ асимптота, као и скица понашања функције у њиховој околини је изостављена, тако да је у овом случају незахвално

коментарисати да ли је студент заиста разумео појам асимптота или је само савладао алгебарски поступак.

На Слици 34 је приказан рад студента СК2 из групе 1 (школске 2019/20. године). Студент СК2 је поступно и коректно одредио домен функције, затим је користио апроксимационе вредности за одређивање левих и десних граничних вредности како би одредио вертикалне асимптоте. Приказани поступак је потпуно тачан, али је изостављен закључак о асимптотама на основу добијених граничних вредности.

$4 - x^2 \neq 0$
 $(x - 2)(x + 2) \neq 0$
 $x \neq \pm 2$
 $x \in (-\infty, -2) \cup (-2, 2) \cup (2, +\infty)$ ✓

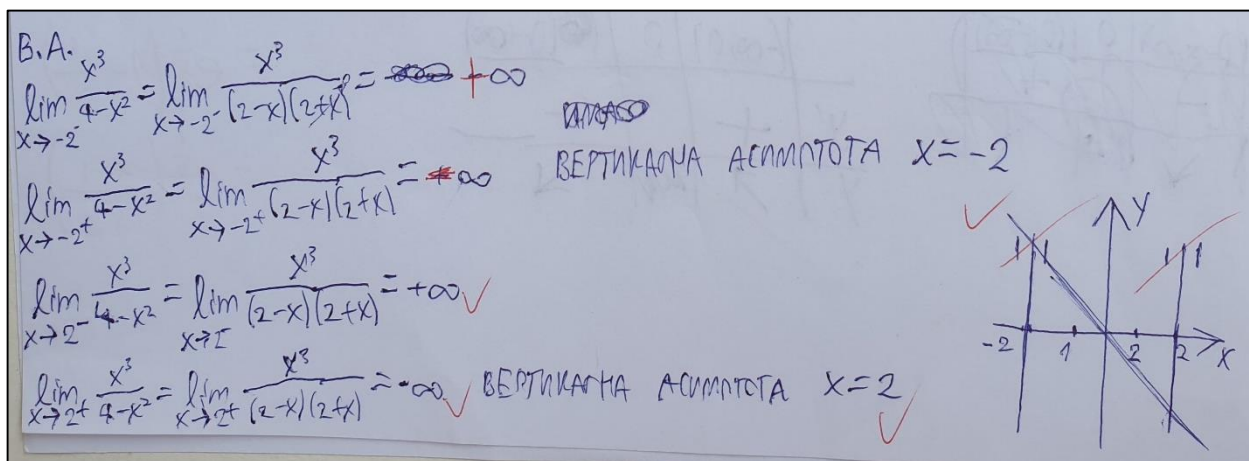
$f = 0$, за $x = 0$ ✓

V.A.
 $\lim_{x \rightarrow -2^+} \frac{x^3}{4 - x^2} \approx \frac{(1,9)^3}{4 - (1,9)^2} \approx \frac{(1,9)^3}{4 - 3,61} \approx \frac{(1,9)^3}{0,39} \Rightarrow \text{~~...~~ } -\infty$ ✓
 $\lim_{x \rightarrow -2^-} \frac{x^3}{4 - x^2} \approx \frac{(2,1)^3}{4 - (-2,1)^2} \approx \frac{(-2,1)^3}{4 - 4,41} \approx \frac{(-2,1)^3}{0,41} \Rightarrow \text{~~...~~ } +\infty$ ✓

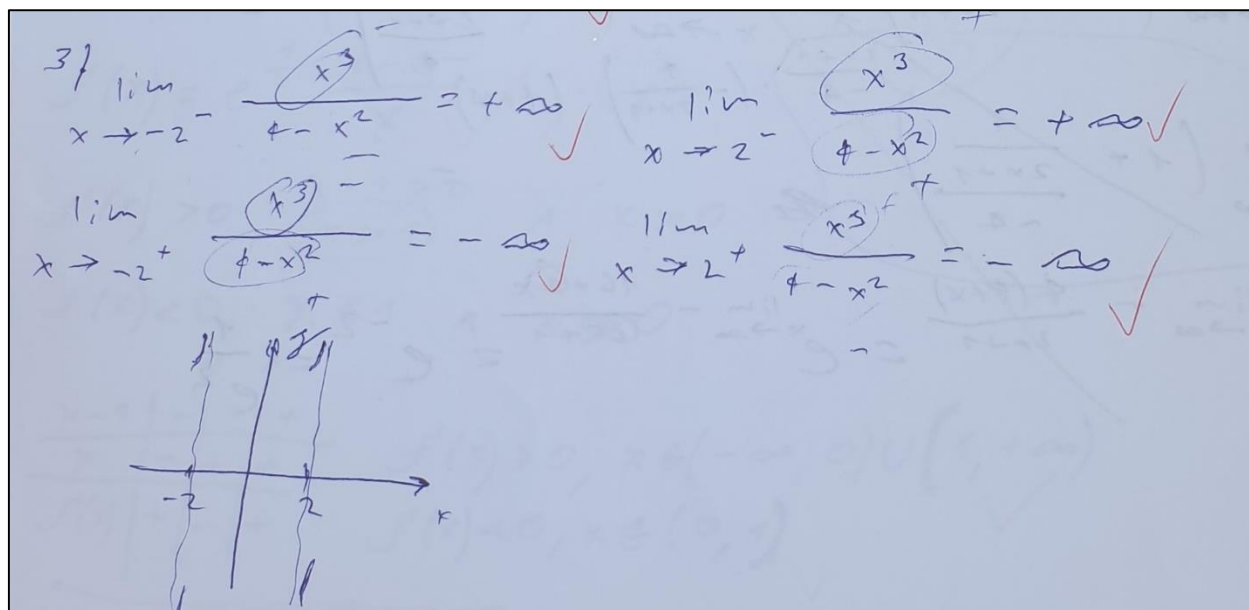
V.A.
 $\lim_{x \rightarrow 2^-} \frac{x^3}{4 - x^2} \approx \frac{(1,9)^3}{0_+} = +\infty$ ✓
 $\lim_{x \rightarrow 2^+} \frac{x^3}{4 - x^2} \approx \frac{(2,1)^3}{0_-} = -\infty$ ✓

Слика 34. Рад студента СК2

Рад студента СК3 из групе 1 (школске 2019/20. године) је приказан на Слици 35. Студент СК3 је одредио обе вертикалне асимптоте $x = -2$ и $x = 2$. Он је исправно одредио понашање функције у околини вредности $x = 2$, а погрешно у околини вредности $x = -2$, што је нека врста уобичајене грешке и когнитивног конфликта. Овај конфликт је често узрокован погрешним/нетачним упоређивањем негативних децималних бројева (неким студентима је $-3,1 > -2,9$, што није тачно) који доводе до погрешних закључака. Студент СК3 је тачно одредио графички приказ асимптота, то јест добро је нацртао праве али није правилно нацртао график функције у околини асимптота (чак ни за асимптоту $x = 2$ којој је правилно одредио алгебарско понашање). Из овог рада можемо закључити да студент СК3 није схватио понашање функције у околини асимптота.



Слика 35. Рад студента СК3



Слика 36. Рад студента СК4

Слика 36 представља рад потпуно тачног одговора студента СК4 из групе 1 (школске 2019/20. године). Ово решење је подржано и тачним графичким приказом асимптота као и понашањем функције у њиховој околини, што значи да је за студента СК4 концепт асимптота и њихово значење у оквиру особина функција потпуно јасно.

На Слици 37 приказан је рад студента СК5 из групе 1 (школске 2019/20. године), где је студент тачно одредио параметре k и n за косу асимптоту ($y = kx + n$). Из поступка решавања можемо видети да је студент СК5 параметар k тачно одредио из првог покушаја,

док су му била потребна два покушаја за одређивање параметра n , што овај рад чини занимљивим за дискусију. Дакле, студент СК5 је тачно одредио вредност параметра k али је у наставку направио уобичајену грешку, приликом одређивања параметра n занемарио је знак претходно одређеног параметра k и самим тим погрешно поставио и применио дефиницију. Како у првом моменту није био свестан свог пропуста, студент СК5 је наставио да рачуна и добио нелогичан резултат па је у следећем реду исти поступак поступно расписао (прецртани редови на Слици 37), закључио да није погрешно у рачуну и очигледно уочио пропуст јер је у наставку тачно написао дефиницију и одредио параметар n , а затим и косу асимптоту $y = -x$. Ова грешка, то јест исправка која је уследила је веома похвална, јер јасно указује да студент не решава задатак „аутоматски“ већ размишља. Што се графичке репрезентације асимптоте тиче, студент је направио још један пропуст сличне природе, уместо праве која представља опадајућу функцију $y = -x$, он је скицирао праву као растућу функцију $y = x$. Дакле, графичка репрезентација косе асимптоте није тачна јер је студент СК5 поново занемарио знак параметра k , али у графичком приказу није уочио свој пропуст. Можемо претпоставити да је студента СК4 заправо збунио негативан знак коефицијента правца k . Ово је један од когнитивних конфликта који се често јавља јер студенти асимптоте виде као веома апстрактну особину функција. Уколико нису савладали суштину, студенти приликом одређивања асимптота размишљају о многим елементима задатка тако да неретко праве рачунске грешке, занемарују знаке и на крају не разумеју шта су заправо одредили и како да то представе графички. Конкретно у случају асимптота прелазак на напредно математичко мишљење је веома тежак за студенте, тако да мали број њих савлада и разуме асимптоте у потпуности.

На Слици 38 приказан је рад студента СК6 из групе 1 (школске 2019/20. године). Студент СК6 је правилно одредио унију интервала где се функција може дефинисати, али је погрешно јер је уместо тачака у којима функција није дефинисана ($x = 2$ и $x = -2$) изабрао нулу функције ($x = 0$) као потенцијалну вертикалну асимптоту. Он је тачно одредио леву и десну граничну вредност (али не за тачке у којима функција није дефинисана као што је требало, него за нулу функције), осим тога је извео и погрешан закључак ($x = 0$ је вертикална асимптота). Студент СК6 је утврдио да функција $f(x)$ нема хоризонталну асимптоту, потпуно тачним и коректним поступком.

$$\lim_{x \rightarrow \infty} \frac{f(x)}{x} = \frac{x^3}{4-x^2} = \frac{x^3}{4x^2-x^2} = -1 = k$$

$$\lim_{x \rightarrow \infty} (f(x) - kx) = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{x^3 - 4x + x^3}{4-x^2} = \infty$$

$$f(x) - x = \frac{x^3}{4-x^2} - x = \frac{x^3 - x(4-x^2)}{4-x^2} = \frac{x^3 - 4x + x^3}{4-x^2} = \frac{2x^3 - 4x}{4-x^2}$$

$$\lim_{x \rightarrow \infty} (f(x) - kx) = \lim_{x \rightarrow \infty} (f(x) + x) = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{x^3 + 4x - x^2}{4-x^2} = \infty$$

Kosa 251-6062: $y = kx + u$
 $u=0, k=-1$
 $\Rightarrow y = -x$

Слика 37. Рад студента СК5

$$2. f(x) = \frac{x^3}{4-x^2}$$

$$x^3 = 0 \Rightarrow x = 0$$

$$4-x^2 \neq 0 \Rightarrow x^2 \neq 4 \Rightarrow x \neq \pm 2$$

$$x \in (-\infty, -2) \cup (-2, 2) \cup (2, +\infty)$$

$$\lim_{x \rightarrow 0^+} \frac{x^3}{4-x^2} = \frac{0^+}{4} = 0$$

$$\lim_{x \rightarrow 0^-} \frac{x^3}{4-x^2} = \frac{0^-}{4} = 0$$

$$\lim_{x \rightarrow \pm\infty} \frac{x^3}{4-x^2} = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{x^3}{x^3} = 1 \Rightarrow \text{чеша Н. А.}$$

$x=0$ је V.A.

Слика 38. Рад студента СК6

$$3. f(x) = \frac{3x^3}{x^2-9} = \frac{3x^3}{(x-3)(x+3)} \quad x \neq \pm 3$$

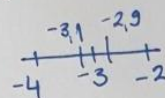
$$D_f: x \in \mathbb{R} \setminus \{-3, +3\}$$

V.A:

$$\lim_{x \rightarrow 3^+} \frac{3x^3}{(x-3)(x+3)} = \frac{3 \cdot 27}{0^+ \cdot 6} = +\infty$$

$$\lim_{x \rightarrow 3^-} \frac{3x^3}{(x-3)(x+3)} = \frac{3 \cdot 27}{0^- \cdot 6} = -\infty$$

$x=3$ je V.A.



$$\lim_{x \rightarrow -3^+} \frac{3x^3}{(x-3)(x+3)} = \frac{-3 \cdot 27}{-6 \cdot 0^+} = +\infty$$

$$\lim_{x \rightarrow -3^-} \frac{3x^3}{(x-3)(x+3)} = \frac{3 \cdot (-27)}{-6 \cdot 0^-} = -\infty$$

$x=-3$ je V.A.

H.A.

$$\lim_{x \rightarrow \infty} \frac{3x^3}{x^2-9} = \infty$$

нема H.A.

K.A.

$$y = kx + n$$

$$k = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{f(x)}{x}$$

$$= \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{\frac{3x^3}{x^2-9}}{x} = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{3x^3}{x^3-9x} = 3$$

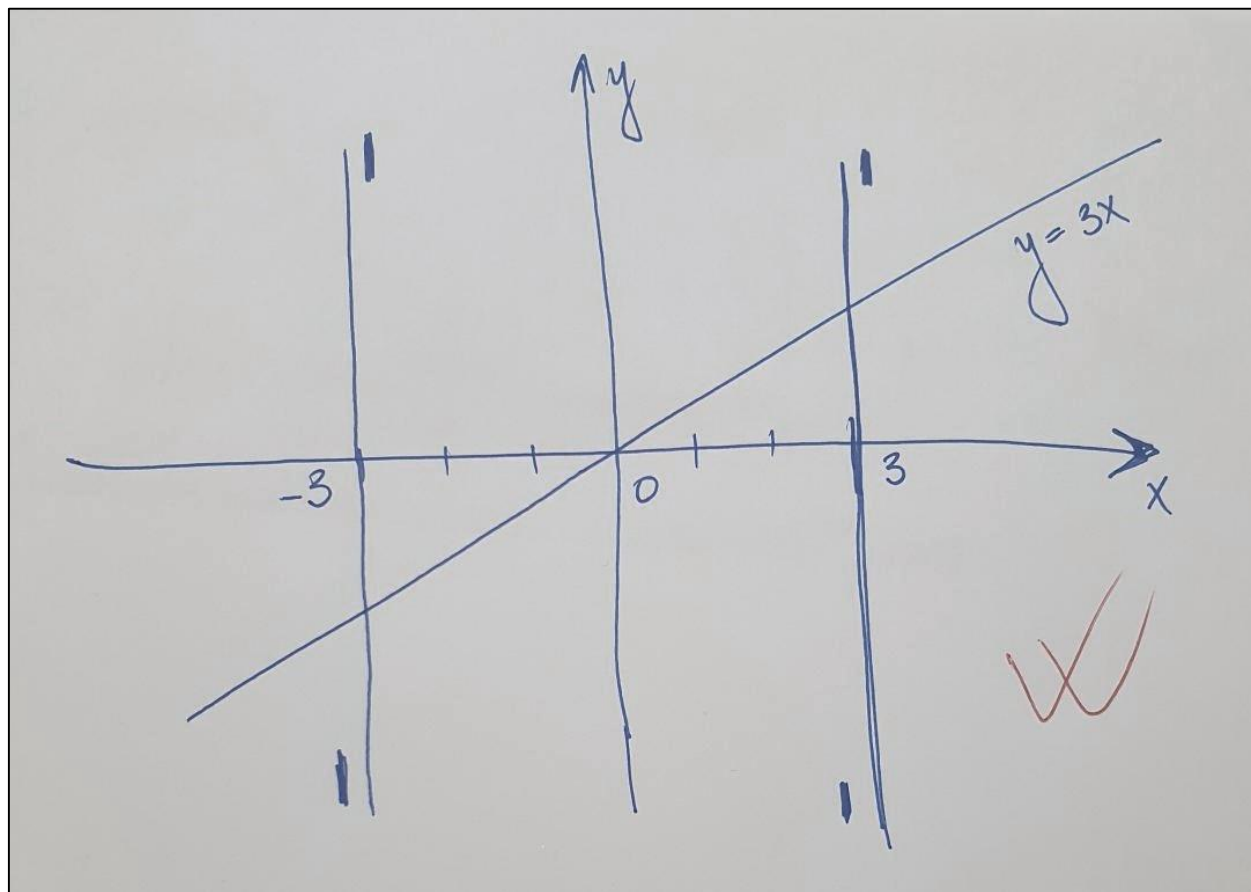
јер су истог степена!

$$n = \lim_{x \rightarrow \infty} (f(x) - k \cdot x) = \lim_{x \rightarrow \infty} \left(\frac{3x^3}{x^2-9} - 3x \right) = \lim_{x \rightarrow \infty} \left(\frac{3x^3 - 3x^3 + 27x}{x^2-9} \right) = 0$$

$$y = 3x \text{ je K.A.}$$

Слика 39. Рад студента CE1 (1. део)

На Сликама 39 и 40 је приказан потпуно тачан рад студента СЕ1 из групе 2 (школске 2020/21. године). Интересантно је напоменути да је студент СЕ1, одредио леву и десну граничну вредност у тачкама $x = 3$ и $x = -3$, коришћењем записа $0+$ и $0-$ (Слика 39). Студент СЕ1 је користио део графика x -осе (скицирано на Слици 39) да би лакше одредио да ли је $0+$ или $0-$, што заправо указује да је користио апроксимацију (посматрао је вредности у околини тачака $x = 3$ и $x = -3$). На сличан начин је апроксимацију користио и студент СК2 из групе 1 (Слика 34). Поред вертикалних асимптота, студент СЕ1 је утврдио да нема хоризонталних асимптота и наставио са одређивањем косе асимптоте. Тачно је одредио граничне вредности параметара k и n за косу асимптоту, користећи степене полинома у бројиоцу и имениоцу, а затим формирао једначину праве која представља косу асимптоту $y = 3x$ (Слика 39). Слика 40 приказује наставак задатка (2. део) студента СЕ1, на којој можемо видети потпуно тачан графички приказ асимптота као и понашање функције у њиховој околини. Дакле, Сlike 39 и 40 представљају пример детаљног и поступног решења из којег се јасно види да студент СЕ1 потпуно влада материјом и разуме све што је написао.



Слика 40. Рад студента СЕ1 (2. део)

$$\textcircled{3} f(x) = \frac{3x^3}{x^2-9}$$

domen: $x^2-9 \neq 0 \Rightarrow x^2 \neq 9 \Rightarrow x \neq 3 \wedge x \neq -3$

$D_f x \in (-\infty, -3) \cup (-3, 3) \cup (3, +\infty)$

Слика 41. Рад студента СЕ2 (1. део)

Asimptote:

$$\lim_{x \rightarrow -3^-} \frac{3x^3}{x^2-9} = \frac{-2187}{72} \text{ nije V.A.}$$

$$\lim_{x \rightarrow -3^+} \frac{3x^3}{x^2-9} = \frac{2187}{72} \text{ nije V.A.}$$

} nema vertikalne asimptote

$$\lim_{x \rightarrow \infty} \frac{3x^3}{x^2-9} = \infty \text{ jer je brojilac veceg stepena od imenioca}$$

nema H.A.

Слика 42. Рад студента СЕ2 (2. део)

Рад студента СЕ2 из групе 2 (школске 2020/21. године), приказан је на Сликама 41 и 42. Из овог рада можемо видети још један од когнитивних конфликта где студент СЕ2 није одредио тачан домен, то јест направио је рачунску грешку приликом одређивања вредности у којима функција није дефинисана (Слика 41). У наставку задатка (Слика 42) студент СЕ2 тачно одређује граничне вредности (али како домен није био тачан, рачуна их у погрешним тачкама, тачкама које не припадају домену) и из њих изводи добре закључке за вертикалне асимптоте, мада и ту прави пропуст јер у једном случају рачуна само леву а у другом само

десну граничну вредност. Студентов СЕ2 закључак да функција нема хоризонталне асимптоте и објашњење да је степен полинома у бројиоцу већи од степена полинома у имениоцу је тачно (Слика 42), али постојање косе асимптоте није споменуто, као ни графичка репрезентација.

На Слици 43 можемо видети рад студента СЕ3 из групе 2 (школске 2020/21. године) који је тачно одредио параметре k и n за косу асимптоту ($y = kx + n$). Без обзира на тачне параметре, студент СЕ3 је дошао до погрешног закључка и закључио да је коса асимптота $y = 3$ уместо $y = 3x$. Ово може бити пропуст у писању где је студент механички изоставио x , али исто тако може указати и на много већи пропуст и неразумевање једначине праве, где студент не прави разлику између те две функције ($y = 3$ и $y = 3x$). Вероватно би ситуација била јаснија када би постојао графички приказ решења.

$$k = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{\frac{3x^3}{x^2-9}}{\frac{x}{1}} = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{3x^3}{x(x^2-9)} = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{3x^3}{x^3-9x} = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{x^3(3)}{x^3(1-\frac{9}{x^2})} = \frac{3}{1} = 3 \quad \checkmark$$

$$n = \lim_{x \rightarrow \infty} \left(\frac{3x^3}{x^2-9} - \frac{3x}{1} \right) = \lim_{x \rightarrow \infty} \left(\frac{3x^3 - 3x^3 + 27x}{x^2-9} \right) = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{27x}{x^2-9}$$

$$= \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{x^2 \left(\frac{27}{x} \right)}{x^2 \left(1 - \frac{9}{x^2} \right)} = \frac{0}{1} = 0 \quad \checkmark$$

$y = 3x$ JE K.A
 $y = kx + n$!!!

Слика 43. Рад студента СЕ3

Слика 44 приказује рад студента СЕ4 из групе 2 (школске 2020/21. године), у којем он одређује граничне вредности за параметре k и n уз помоћ којих формира једначину праве која представља косу асимптоту ($y = kx + n$). Студент СЕ4 је тачно одредио граничну

вредност за параметар k , али није знао праву дефиницију или је само погрешно и пропустио да напише „ x ” (писао је -3 уместо $-3x$) док је одређивао граничну вредност за параметар n и тако добио погрешно решење и извео погрешан закључак. Сличну грешку је направио а потом је и исправио студент СК5 (Слика 37).

K.A.
 $y = kx + n$

$k = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{3x^3}{x^2 - 9} = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{3x^3}{x^3 - 9x} = 3$ jer su istog stepena

$k = 3$ ✓

$n = \lim_{x \rightarrow \infty} \left(\frac{3x^3}{x^2 - 9} - 3 \right) = \lim_{x \rightarrow \infty} \left(\frac{3x^3 - 3(x^2 - 9)}{x^2 - 9} \right)$

$= \lim_{x \rightarrow \infty} \left(\frac{3x^3 - 3x^2 + 27}{x^2 - 9} \right) = \lim_{x \rightarrow \infty} \infty$

$= \infty$ jer je brojilac većeg stepena
 nema K.A. jer $n = \infty$

Слика 44. Рад студента СЕ4

У Табели 12, приказан је број и проценат тачних, делимично тачних и нетачних одговора студената традиционалних подгрупа групе 1 (школске 2019/20. године) и групе 2 (школске 2020/21. године) на захтев задатка са завршног испита који се односио на граничну вредност функције.

Табела 12. Резултати са завршног испита студената традиционалних подгрупа групе 1 (школске 2019/20. године) и групе 2 (школске 2020/21. године)

Тачност задатка	Традиционална подгрупа групе 1		Традиционална подгрупа група 2	
	Број студената (N=61)	Процент	Број студената (N=75)	Процент
Потпуно тачан	10	16%	14	19%
Делимично тачан	33	54%	44	59%
Потпуно нетачан	18	30%	17	22%

3.4. Дискусија и закључак

Као одговор на истраживачко питање, резултати истраживања указују на значајне разлике у погледу постигнућа студената у односу на промену приступа раду - окружења за учење између студената групе 2 (школске 2020/21. године) и групе 1 (школске 2019/20. године). Студенти групе 2 су били знатно успешнији у изради колоквијума и испита, и остварили су боље резултате у поређењу са студентима групе 1, без обзира на резултате студије која указује да је задржавање студената у онлајн окружењу теже него задржавање студената у традиционалном наставном окружењу (Allen & Seaman, 2014). Што се тиче домаћих задатака, резултати истраживања показују да нема статистички значајних разлика у погледу постигнућа на домаћим задацима између студената групе 2 и студената групе 1.

Уколико посматрамо само групу 1 (школске 2019/20. године), тачније њене подгрупе (традиционалну, онлајн и комбиновану), уочавамо ефекат различитог окружења за учење на постигнућа студената само у категорији укупних домаћих задатака између три подгрупе. Тачније значајна разлика је евидентирана у постигнућима приликом израде другог и трећег домаћег задатка. У осталим задацима, на колоквијуму, као ни на испиту није било разлике између подгрупа у оквиру групе 1.

Слични су и резултати у оквиру студената групе 2 (школске 2020/21. године). где је такође уочена разлика приликом промене приступа раду - окружења за учење између три подгрупе (традиционалне, онлајн и комбиноване) групе 2 на постигнућа студената у погледу укупних домаћих задатака (тачније на прва три домаћа задатка), док у категорији колоквијум и испит није било разлике између подгрупа у оквиру групе 2.

Онлајн подгрупе. Резултати истраживања показују да не постоје значајне разлике између постигнућа студената онлајн подгрупа групе 1 (школске 2019/20. године) и групе 2

(школске 2020/21. године) у односу на промену приступа раду - окружења за учење, што је било и очекивано јер се сам начин рада, као ни наставно окружење, за студенте онлајн подгрупа није много променило.

Ако се посматра категорија домаћих задатака, може се уочити да резултати истраживања указују на прилично уједначена постигнућа онлајн подгрупа студената групе 1 и групе 2. Категорије колоквијум и испит такође не указују на статистички значајне разлике између студената онлајн подгрупа, с тим да су онлајн студенти подгрупе групе 2 (школске 2020/21. године) остварили незнатно боље резултате у односу на онлајн студенте подгрупе групе 1 (школске 2019/20. године). Разлог таквих резултата може бити промена која је подразумевала увођење тестова за самопроцену (објашњено у поглављу 3.2.5.2) као и сплет околности да су студенти групе 2 (школске 2020/21. године) услед последица пандемије и изолације имали више слободног времена које су утрошили у своје усавршавање – учење.

Традиционалне подгрупе. Када посматрамо студенте традиционалних подгрупа, резултати истраживања показују да постоје статистички значајне разлике у погледу постигнућа студената у односу на промену приступа раду - окружења за учење између студената подгрупа групе 2 (школске 2020/21. године) и групе 1 (школске 2019/20. године).

Ова студија открива да у категорији домаћих задатака није било разлике у постигнућима између традиционалних подгрупа студената (између групе 2 и групе 1), за разлику од категорија колоквијум и испит где су студенти традиционалне подгрупе групе 2 остварили значајно већи успех и боље резултате од својих колега из традиционалне подгрупе групе 1. Ови резултати су веома занимљиви јер је у складу са специфичношћу основног курса математике као и резултатима ранијих истраживања (Stevanović, Božić & Radović, 2021) био очекиванији супротан резултат, јер студија Стевановић, Радовић и Божић (2021) (која између осталих у узорку садржи студенте Универзитета Метрополитан), указује на смањену унутрашњу мотивацију традиционалне групе студената током наставе на даљину и указује на тешкоће са праћењем наставе математике и њеним учењем. Осим тога, резултати Стевановић, Николић и Милић (Stevanović, Nikolić & Milić, 2021) указују да традиционални студенти уочавају и истичу много више негативних него позитивних аспеката наставе на даљину.

Претходно споменута литература је заснована на истраживању које је представљено у четвртом поглављу ове дисертације. Ако погледамо резултате тог истраживања видећемо да студенти традиционалне групе као позитивне аспекте наставе на даљину најчешће истичу изјаве „*Било ми је много лакше да похађам наставу на даљину него да идем на факултет*“ и „*Мислим да ми настава на даљину може помоћи да боље спремим и положим испит*“. Док су као негативне аспекте наставе на даљину најчешће истицали „*Недостајала ми је „жива реч*““ и „*Недостајале су ми колеге*“. Ове резултате наравно не можемо директно повезати са резултатима о постигнућима, али

можемо уочити да студенти традиционалне групе као највећи недостатак наставе на даљину тј. промењеног наставног окружења истичу пропуштање социјализације и социо-емоционалног аспекта наставе и учења док са друге стране уочавају и објективне предности наставе на даљину.

Вратимо се на постигнућа традиционалних студената у оквиру групе 2 (школске 2020/21. године). Што се колоквијума тиче, можемо претпоставити да је квалитет наставе на даљину (наставе у промењеном наставном окружењу), као и унапређење наставних материјала утицало на побољшање и напредак подгрупе традиционалних студената групе 2 у односу на подгрупу традиционалних студената групе 1. Такође се мора узети у обзир и чињеница да је група 1 колоквијум радила у учионици, на традиционалан начин, док је група 2 колоквијум радила онлајн, у форми теста (описано у поглављу 3.2.4.3). Питања – задаци су били прилично уједначени на оба колоквијума (групе 1 и групе 2). Група 2 је имала и временско ограничење за израду сваког задатка (приказано у поглављу број 3.2.5.3), али није искључено да су се и поред тих мера опреза студенти групе 2 у условима израде онлајн колоквијума (на даљину, од куће) додатно користили малверзацијама, јер то није било могуће у потпуности контролисати. Са друге стране, временско ограничење се може негативно одразити на исход евалуације знања, јер константан увид у време које тече може изазвати велики притисак и анксиозност код студената. Из анализе задатака са колоквијума (поглавље број 3.2.4.4) можемо уочити да је било погрешних поступака са тачним закључцима, што је такође ишло у прилог студентима групе 2 који су колоквијум радили онлајн у форми теста, где није контролисан поступак већ само крајњи резултат. Не можемо искључити ни могућност да су студенти решавали задатке системом елиминације и на тај начин долазили до тачног одговора. Резултати ове студије су у сагласности са студијом (Elmehdi & Ibrahim, 2019) чији резултати указују да студенти преферирају онлајн испите у односу на традиционалне испите на папиру. Студенти су наклоњенији онлајн тестирању/испитима, посебно у вези са логистиком, а поред тога онлајн тестирање виде и као унапређење наставе и учења.

Посебно је занимљиво да су традиционални студенти групе 2 (школске 2020/21. године) остварили значајно боље резултате у односу на студенте традиционалне подгрупе групе 1 (школске 2019/20. године) и на испиту, који у самом начину организације и реализације није промењен (види Табеле 3 и 5 у којима је објашњен начин израде испита). Ови резултати се могу повезати са промењеним начином рада и новим наставним окружењем. Чињенично је стање да су студенти традиционалне подгрупе групе 2 похађали „симулацију традиционалне наставе“ пратећи наставу уживо, али онлајн. Велика предност наставе на даљину били су управо видео материјали који су константно били доступни студентима, тако да су они могли да направе сопствени распоред и уче у опуштеном окружењу које сами себи креирају и прилагођавају. Осим тога, видео предавања су могли да зауставе, паузирају или понове кад год осете потребу за тиме.

Постоје многобројна истраживања која указују на позитиван утицај снимљених видео предавања за асинхроно гледање на курсевима традиционалне наставе који имају математичке садржаје (Brecht, 2012; Cascaval et al., 2008). Статистички значајан број испитаних учесника студије (Brecht, 2012) је оценио видео снимке као користан ресурс за подучавање. Посебно су истакли погодност подешавања брзине предавања и избор теме тако да одговара индивидуалном темпу интересовања и учења као и флексибилност гледања видео материјала - предавања (када и где је студентима најефикасније), што је у складу са резултатима наше студије. Студија Хегеман (Hegeman, 2015) показује да студенти који су се уписали на редизајниран онлајн курс алгебре и похађали вођена видео предавања, у којима су наставници имали улогу провајдера садржаја, постигли знатно бољи учинак и на онлајн и на писаним проверама од студената који су се уписали на онлајн курс алгебре где је издавач генерисао садржаје. Дакле, уколико се наставници укључе у наставне активности или технике дизајна курса, које су прилагођене индивидуалним потребама (њихових) студената и на тај начин додатно подстичу ангажовање, упорност и учење, може се очекивати већи успех и бољи резултат.

Између осталог, оваквим резултатима су вероватно допринели и тестови за самопроцену. Ови тестови су могли да потврде студентима да ли су довољно добро савладали одређене области и на тај начин им додато уливали самопоуздање или пак указали на пропусте и на тај начин усмеравали на области које још треба учити и увежбавати. Андраде (Andrade, 2019) у свом истраживању показује позитивну повезаност између самопроцене и постигнућа. Мета-анализа Санчез и сарадници (Sanchez et al., 2017) је (без обзира на негативне ефекте) открила да су у просеку „студенти који су учествовали у самооцењивању имали су бољи учинак на наредним тестовима од студената који то нису радили” (стр. 1,049). Постоје и многобројна истраживања у којима су експерименталне групе (које су користиле самооцењивање) надмашиле своје контролне група у различитим областима (од математике до писања, прављења мапа, говора енглеског језика и испити из разних дисциплина) (нпр. Fontana & Fernandes, 1994; Lopez & Kossack, 2007; van Reybroeck et al., 2017).

Околности изазване пандемијом такође иду у прилог учењу и постизању бољих резултата. Претпоставља се да су студенти услед изолације имали више слободног времена које су квалитетно утрошили у учење и своје усавршавање.

Комбиноване подгрупе. У поређењу комбинованих подгрупа студената (групе 1 и групе 2) резултати истраживања указују на значајне разлике у погледу постигнућа у категорији укупних домаћих задатака (тј. другог и трећег домаћег задатка). Студенти комбиноване подгрупе групе 1 (школске 2019/20. године) су били успешнији у изради домаћих задатака у односу на комбиновану подгрупу групе 2 (школске 2020/21. године).

У погледу постигнућа на колоквијуму резултати су обрнути, успешнији су били студенти комбиноване подгрупе групе 2 у односу на комбиновану подгрупу групе 1. Како

су колоквијуми за обе подгрупе, како традиционалну тако и комбиновану, реализовали на исти начин у оквиру групе 2 односно групе 1 (види Табелу 3 и Табелу 5 у којој је објашњен начин израде колоквијума), разлог оваквог резултата одговара образложењу које је дато за традиционалну подгрупу групе 2.

У погледу постигнућа у категорији испит није било значајних разлика између студената. Када свеобухватно посматрамо комбиноване подгрупе студената, без обзира на уједначеност постигнућа на крају курса/на испиту, не можемо да не уочимо нелогичности које указују на значајан пад у погледу постигнућа на домаћим задацима током измењеног окружења наставе на даљину, и истовремени напредак у погледу постигнућа на колоквијуму. Нажалост доступни подаци овог истраживања не могу дати прецизан одговор за разлог таквих резултата.

У вези са истраживањем постигнућа у овом истраживању треба рећи и то да су она процењивана само на основу успеха студената на тестовима знања (домаћи, колоквијум и испит), тако да би се у наредним истраживањима могле користити и неке друге методе или перспективе.

Анализа задатака - когнитивни конфликти. Након анализе студентских радова са завршног испита можемо приметити да су студенти у обе групе (групе 1 и групе 2) имали веома сличне грешке. Ово су очекиване грешке које представљају когнитивне конфликти који су анализирани у литератури (Такачи, et all, 2015; Tall, 1992; Tall, 2003; Tall, 1997; Tall, & Vinner, 1981, Tall, 1995; Tall, 2005; Vinner, 1982; Vinner & Dreyfus, 1989). Такође, можемо приметити и да су студенти групе 2 (школске 2020/21. године) имали мање познатих грешака од студената из групе 1 (школске 2019/20. године) у задацима за одређивање асимптота (као и у осталим, сличним задацима). Нпр. Сlike 41 и 42 илуструју да је студент направио елементарну рачунску грешку али је поступак решавања добар, слична грешка је приказана и на Слици 44.

Било је више студената из групе 2 који су на завршном испиту тачно решили задатке који су се односили на особине функције од студената из групе 1 (Табела 12). Осим тога, можемо приметити да су студенти групе 2 имали много разноврсније поступке и детаљнија објашњења од студената из групе 1 у одређивању како тачних, тако и погрешних одговора (видети Сlike 39 и 43, примере добрих решења).

Резултати указују на то да је окружење за учење допринело побољшању постигнућа студената у оквиру основног курса математике. Ово се може објаснити чињеницом да су студенти групе 2 радили готово сами и на неки начин примењивали саморегулисано учење. Обе традиционалне подгрупе су имале помоћ наставника током часа, подгрупа групе 1 (школске 2019/20. године) уживо, а подгрупа групе 2 (школске 2020/21. године) онлајн. Разлика је у томе што су те онлајн лекције снимане, тако да су студенти у традиционалној подгрупи групе 2 могли да паузирају или премоатају видео запис и погледају га кад год су фокусирани на учење, не само током предавања већ у било које време. Делује да им је то

било од велике користи. Поред видео материјала, студенти групе 2 су имали на располагању и тестове за самооцењивање којима су могли да провере своје знање, тако да је начин учења и припреме за завршни испит могао да се разликује између групе 2 и групе 1 (док је садржај курса био исти за све). Дакле, наставно окружење традиционалне подгрупе групе 2 (школске 2020/21. године) доприноси и помаже студентима да превазиђу когнитивне конфликти и тешкоће у разумевању математичких садржаја и олакшава прелазак са основног(елементарног) на напредно математичко мишљење.

Морамо узети у обзир и неколико ограничења овог истраживања. Прво, у околностима које је донела пандемија, као и због начина на који је организована настава на факултетима, није било могуће случајно распоредити студенте у истраживачке групе (и њихове подгрупе). Зато ово истраживање користи квази-експериментални нацрт. Препорука за будућа истраживања је експериментални нацрт који испитује и анализира допринос интерактивних наставних материјала и тестова за самопроцену (тј. коришћење модерних технологија) у превазилажењу когнитивних конфликта студената. Затим, у складу са циљем истраживања мерена су академска постигнућа студената кроз оцену као исход. Инструмент овог истраживања није мерио друге вештине студената карактеристичне за 21. век које подразумевају широк спектар способности као на пример решавање проблема или сарадњу и комуникацију студената (Alismail & McGuire, 2015). Трећа лимитација је временско ограничење које су студенти имали приликом израде онлајн тестова и домаћих задатака. Временски притисак може да утиче на исход евалуације знања, али је временско ограничење било неопходно да би се спречило преписивање које је веома тешко контролисати у онлајн условима рада. И четврта лимитација је специфичност природних наука и математике као наставног предмета (курса) тако да треба бити обазрив у имплементацији ових резултата у другим курсевима.

Без обзира на ограничења, ово истраживање је веома значајно јер се бави важним изазовима (наставом на даљину и онлајн учењем, применом модерних технологија у образовању и саморегулисаним учењем) са којима се суочава модерно образовање. Образовне институције морају ићи у корак са временом, ако не и испред времена, како би осигурале будућност својих студената.

4. Анкетно истраживање - искуства и став студената о учењу на даљину током пандемије Ковид-19

Појава и ширење корона вируса (Ковид-19) брзо је прерасло у светску пандемију, која је довела до усвајања озбиљних мера за сузбијање ширења инфекције. Мере социјалног дистанцирања и изолације су измениле људске навике, а интернет је заузео главну улогу у подршци свим секторима друштва, посебно у образовању. Пандемија Ковид-19 створила је значајне изазове за глобалну заједницу високог образовања, за које многе институције нису биле спремне. Како би се ублажили ефекти пандемије на образовање, усвојена је „хитна настава на даљину“ као привремено решење (Bozkurt & Sharma, 2020). Ситуација у Србији је била иста. Проглашењем ванредног стања (15.3.2020. године) сви факултети су затворени, традиционална предавања (лицем у лице) су званично отказана, а испити одложени. Промена приступа целокупном образовном процесу је била неопходна. У изузетно кратком временском периоду традиционална настава је пребачена из учионица на интернет и учење на даљину.

Постоји литература која указује на утицај пандемије Ковид-19 на глобално образовање у смислу потешкоћа, ограничења и изазова са којима су се суочавале владе и институције широм света (Aucejo et al., 2020; Huber & Helm, 2020). Публикације су се затим фокусирали на иновације, искуства и описе како су се институције прилагодиле новом сценарију који је створила пандемија Ковид-19 (Flores & Gago, 2020; Moorhouse, 2020). Спроведене су и студије које испитују перцепцију студената о промењеном окружењу из различитих углова/перспектива. Хасан и сарадници (Hassan et al., 2021) су препознали перцепцију студената о квалитету и задовољству похађања виртуелне наставе као важне факторе у одржавању мотивације студената за учење и њиховог академског постигнућа. Међутим, студија Гонсалвес (Gonçalves et al., 2020) је показала снажну негативну корелацију између утицаја пандемије на учење и ставова студената у високом образовању. Чандра (Chandra, 2020) је указао на неколико негативних последица пандемије: студенти су искусили академски стрес, страх од неуспеха, осећај досаде и депресивне мисли које су одвлачиле студенте од академских и креативних активности. Резултати споменутих истраживања наглашавају колико је важно обратити пажњу на оптерећење студената, мотивацију за учење и обезбеђивање одговарајућих педагошких алата за смањење анксиозности и негативне академске самоперцепције (Aucejo et al., 2020; Gonçalves et al., 2020; Hassan et al., 2021; Huber & Helm, 2020). Недавне студије су показале да различити демографски фактори (као што су различита година студија, претходна постигнућа студената, познавање окружења за учење и пол) могу бити повезани са различитим нивоима мотивације и перцепције студената о учењу (Chandra, 2020; Hassan et al., 2021; Milovanović, 2020).

Пандемија је донела неочекиване околности које постављају питања о одговарајућим наставним методама (Gonçalves et al., 2020). Било је важно детаљније испитати перцепције студената и њихово искуство током учења на даљину у тако измењеном образовном окружењу. Разумевање студентских перцепција има значајан утицај на квалитет процеса учења, јер утиче на ангажовање студената у учењу, помаже просветним радницима да преиспитају принципе дизајна учења и даље унапређују и развијају наставне планове и програме.

Обимна литература (Martens & Kirschner, 2004; Ryan & Deci, 2000; Shroff et al., 2007) унутрашње мотивисане студенте описује као рефлексивне, саморегулаторне и фокусиране на процесуирање дубоког нивоа, што се може повезати са вишим академским достигнућима. Поред тога, унутрашња мотивација је идентификована као важан предиктор успеха у учењу, задовољства и исхода у високом образовању, укључујући онлајн учење (Martens, Bastiaens, & Kirschner 2007; Shroff et al., 2007). Када је ванредно стање пребацило учионице на интернет и учење на даљину, утицај такве промене на мотивацију ученика је био (углавном) неистражен. Ова студија је осмишљена да пружи емпиријске доказе о томе како различити демографски фактори могу бити повезани са мотивацијом и шта студенти верују да су позитивни а шта негативни аспекти принудног учења на даљину.

4.1. Тема истраживања

Иако доприноси раније литературе јасно указују да је мотивација студената позитивно повезана са њиховим понашањем, академским постигнућем и перцепцијом окружења за учење, тренутно постоји потреба за бољим разумевањем како су брзе и неопходне промене у учењу изазване пандемијом повезане са унутрашњом мотивацијом студената. Ово истраживање испитује да ли су демографске карактеристике студената утицале на њихову перцепцију о димензијама мотивације (труд(напор)/важност, вредност/корисност и интересовање/уживање). Такође, разматрамо и испитивање свести студената (позитивне и негативне аспекте) о образовним променама и модификацијама које нису добро познате, као и недостатк емпиријских доказа у савременој литератури. Стога, ово истраживање има за циљ да допринесе том разумевању истражујући перцепцију студената. Обрађене су две главне истраживачке теме:

1. Да ли се мотивација студената за учење на даљину разликује у зависности од њихових демографских података?
2. Који су позитивни и негативни аспекти учења на даљину по мишљењу студената?

4.2. Методологија

За истраживање тема коришћене су квантитативне и квалитативне методе истраживања које користе релевантне статистичке технике. У циљу потпунијег разумевања студентских искустава учења на даљину, Немото и Беглар (Nemoto & Beglar, 2014) су препоручили креирање истраживања из више перспектива. Сходно томе, коришћен је упитник са четири рубрике:

- 1) демографске информације;
- 2) мере мотивације по Ликертовој скали;
- 3) вишеструки избор позитивних и негативних аспеката учења на даљину;
- 4) и на крају два отворена питања, како би се добио детаљнији увид у мишљење студената у вези са процесом учења на даљину.

Студенти су започели школску годину у октобру 2019. године и до марта 2020. године похађали су предавања у складу са својим студијским програмом (традиционалним, комбинованим или онлајн начином студирања). Када је у Србији проглашено ванредно стање, сва предавања су пребачена на онлајн учење (на свим студијским програмима). Док је неким универзитетима била потребна фундаментална промена окружења за учење (традиционалног), други су били прилично припремљени (онлајн). Стога је у истраживању проучавана унутрашња мотивација студената и њихово мишљење о промени. На крају летњег семестра (након завршетка наставе на даљину, у јуну 2020. године) студенти су добровољно и анонимно попуњавали упитник који су добили мејлом.

4.2.1. Учесници

У овој студији су учествовала 832 учесника, студената основних студија са два универзитета у Србији (626 учесника са Природно-математичког факултета Универзитета у Новом Саду (УНС) и 206 учесника са факултета Универзитета Метрополитан (УМ) у Београду). Демографски подаци су приказани у Табели 13. Пре пандемије и учења на даљину као једине доступне опције, учесници (студенти) су учествовали у једном од три различита окружења за учење: традиционалном, комбинованом или онлајн окружењу. Споменуто окружења су описана у поглављу 3.2.4.

Табела 13. Демографски подаци

Категорија	N	%
Пол		
Мушки	304	37%
Женски	528	63%
Универзитет		
УНС	626	75%
УМ	206	25%
Окружење за учење		
Традиционално	633	76%
Онлајн	166	20%
Комбиновано	33	4%
Година студија		
Прва	261	31%
Друга	198	24%
Трећа	185	22%
Четврта	188	23%
Просек оцена		
у интервалу [6,7)	43	5%
у интервалу [7,8)	255	31%
у интервалу [8,9)	278	33%
у интервалу [9,10]	256	31%

Легенда: % - проценат студената, N – број студената,
УНС – Универзитет у Новом Саду, УМ – Универзитет Метрополитан

4.2.2. Мерни инструменти

На основу теме истраживања креиран је упитник који се састоји од четири дела. У првом делу прикупљени су демографски подаци студената (пол, универзитет, окружење за учење, година студија и просек оцена).

Други део се заснивао на упитнику Intrinsic Motivation Inventory (IMI) (Ryan & Deci, 2000; Deci et al., 1994) са мерама мотивације. IMI је вишедимензионални мерни инструмент намењен процени субјективног искуства учесника, у вези са активностима учења на даљину током пандемије Ковид-19. IMI упитник има задовољавајућу ваљаност и поузданост (Klaeijns, Vermeulen & Martens, 2018; McAuley, Duncan & Tammen, 1987) и широко се користи у области високог образовања (Radović et al., 2023; Radović et al., 2020; Ryan, 1982). У сврхе ове студије, упитник је преведен на српски језик. Од седам IMI димензија, у овом упитнику су коришћене три подске (укупно 12 ставки): „труд(напор)/важност“ (Effort/Importance, IMI_EI, две ставке) – перцепција труда(напора) и важности наставе на даљину; „вредност/корисност“ (Value/Usefulness, IMI_VU, шест ставки) – перцепција користи од наставе на даљину и учења и треће „интересовање/уживање“ (Interest/Enjoyment,

IMI_E, четири ставке) – перцепција интересовања и уживања током наставе на даљину. Студенти су оцењивали ставке упитника на Ликертовој скали од 6 тачака, у распону од један (уопште се не слажем) до шест (потпуно се слажем) (Chomeya, 2010; Cummins & Gullone, 2000).

Трећи део упитника је садржао 16 изјава о учењу на даљину. Ово је развијено и побољшано у сарадњи са комисијом за квалитет Универзитета Метрополитан током процедуре етичког одобрења. Студенти су могли да изаберу више ставки (листа свих ставки се налази у Табели 6) како би изразили слагање са датом тврдњом. Одговори су мерени кроз два аспекта: позитиван и негативан, као предности и мане учења на даљину. Ставке у упитнику су биле насумично распоређене, дакле нису биле раздвојене по аспектима, и број ставки за избор није био ограничен.

Завршни део упитника је садржао два отворена питања (Прво: „Опиши предности учења на даљину из свог угла/своје перспективе“, и друго: „Опиши недостатке учења на даљину из свог угла/своје перспективе“).

Користећи Кронбахов алфа (Cronbach's Alpha) тест израчуната је поузданост $\alpha = .795$ за укупну скалу мотивације (за 12 ставки). Добијена вредност указује на то да све ставке имају адекватну, скоро високу, поузданост и мере исти концепт. Затим је израчуната интерна конзистентност сваке подскеале упитника (Taber, 2018). Две подскеале (IMI_VU са 6 и IMI_E са 4 ставке) постигле су висок ниво поузданости $\alpha > .7$, док је једна подскеала (IMI_EI, са 2 ставке) била поуздана са нижом α вредношћу. Ранији рад Чо и Ким (Cho & Kim, 2015) тврди да резултати који су повезани са малим бројем ставки (у упитнику), као и подаци који нису нормално распоређени, вероватно имају мању поузданост.

4.2.3. Анализа података

Прво је анализирано да ли различити демографски фактори, као што су година студија, постигнућа студената, окружење за учење, универзитет или пол имају ефекат на мотивацију студената (и одговарајуће подскеале). Како велики део података није био сагласан са нормалном расподелом (по Колмогоров-Смирнов тесту), спроведени су непараметарски тестови. Ман-Витни тест је коришћен за испитивање да ли постоје статистички значајне разлике у зависној варијабли две групе (McElduff et al., 2010), док је Крускал-Валис тест коришћен у случајевима када су упоређиване три и више група (Cleophas & Zwinderman, 2016; Kruskal & Wallis, 1952). Пост хок тестови су додатно коришћени за вишеструка поређења (Ostertagová, Ostertag & Kováč, 2014), да би се утврдиле разлике између специфичних група.

Друго, анализиран је утисак студената из перспективе предности и мана учења на даљину. Спирманов коефицијент корелације (Spearman's rank correlation coefficient) је

коришћен да би се утврдила паралелна корелација перцепције студената о позитивним и негативним изјавама у вези са учењем на даљину (Green & Salkind, 2008). Да би се стекао дубљи увид у перцепцију студената о процесу учења, квантитативни подаци су допуњени квалитативним подацима добијеним из полуструктурисаног испитивања. У квалитативној фази анализе података, одговори студената су анализирани како би се пронашле теме које се понављају у одговорима. Ове теме су наведене и упоређене како би се истражили проблеми специфичнији за садржај у вези са променом окружења за учење и како би се утврдило које су (личне) користи и недостаци учења на даљину студената. Како би укупна перцепција студената била јаснија, а њихова искуства током процеса учења на даљину прецизније пренета, укључени су неки примери студентских одговора који су прикупљени током информативне сесије (подстакнуте отвореним питањима).

4.3. Резултати

4.3.1. Разлике у перцепцији мотивације током учења на даљину

Коришћени су Крускал-Валис тестови да би се испитало да ли постоје значајне разлике у нивоу мотивације између студената различитих година студија, резултати су приказани у Табели 14. Значајне разлике између четири групе су евидентне у погледу укупне мотивације ($H = 8.660$, $p = .034$), са Средњим рангом од 380.81 за студенте прве године, 425.97 за студенте друге године, 438.27 за студенте треће године и 434.65 за студенте четврте године. Значајни резултати су даље испитани у смислу пост хок тестова и поређења у пару између група применом Дан-Бонферони (Dunn-Bonferoni) теста. Пост хок тестови су показали да су студенти прве године били значајно мање мотивисани током процеса учења од студената друге године ($p = .046$), студената треће године ($p = .013$) и студената четврте године ($p = .019$).

Табела 14. Анализа разлика између године студија и нивоа мотивације студената

Упитник	Средњи рангови				Крускал-Валис		
	I	II	III	IV	χ^2	Df	<i>p</i> вредност
Труд(напор)/важност (IMI_EI)	438.38	416.09	443.51	359.99	15.260	3	.002
Вредност/корисност (IMI_VU)	381.23	423.45	435.95	439.01	8.671	3	.034
Интересовање/уживање (IMI_IE)	375.83	424.58	423.19	457.87	13.467	3	.004
Мотивација	380.81	425.97	438.27	434.65	8.660	3	.034

Легенда: I = прва година; II = друга година; III = трећа година; IV = четврта година; χ^2 = Хи-квадрат; Df = Степени слободe;

Детаљнија анализа резултата у вези са подскалама указује на то да старији студенти (четврте године) наводе да улажу значајно мање труда и напора током учења на даљину (IMI_EI) од студената млађих година (статистички значајна разлика је евидентна након пост хок теста у односу на I ($p = .001$), II ($p = .020$) и III ($p = .001$) годину студија). Штавише, за студенте прве године учење на даљину је било мање вредно него за остале студенте (статистички значајна разлика у подскали (IMI_VU) између I и III године ($p = .018$), I и IV ($p = .012$) и маргиналне разлике између I и II године ($p = .062$)). Учење на даљину је такође било мање интересантно (IMI_IE) студентима прве године него старијим студентима (статистички значајне разлике у подскали интересовања/задовољства између I и III ($p = .040$), I и II ($p = .031$) и између I и IV ($p < .001$) године студија).

У Табели 15 представљени су резултати Крускал-Валис тестова који су показали да нема статистички значајних разлика у академском постигнућу студената (просек оцена) ($H = 3.231$, $p = .357$) на перцепцију мотивације. Четири групе су се значајно разликовале на подскали IMI_EI ($H = 15.628$, $p = .001$) и подскали IMI_IE ($H = 10.967$, $p = .012$). Нису примећене значајне разлике између четири групе за подскалу IMI_VU.

Табела 15. Анализа разлика између просека оцена и нивоа мотивације студената

Упитник	Средњи рангови				Крускал-Валис		
	A	B	C	D	χ^2	Df	p вредност
Труд(напор)/важност (IMI_EI)	460.60	411.40	388.63	352.21	15.628	3	.001
Вредност/корисност (IMI_VU)	415.86	398.46	436.84	416.35	3.403	3	.334
Интересовање/уживање (IMI_IE)	390.16	402.08	450.53	464.73	10.967	3	.012
Мотивација	414.30	399.14	425.74	425.74	3.231	3	.357

Легенда: А је у интервалу [9,10]; В је у интервалу [8,9]; С је у интервалу [7,8]; D је у интервалу [6,7).

Значајне разлике су даље испитане у смислу пост хок тестова и поређене у пару између група применом Дан-Бонферони (Dunn-Bonferoni) теста. Студенти са високим успехом (група А) уложили су више труда од осталих студената (из В, С и D групе). Ово је потврђено значајним разликама у подскали IMI_EI између група D и А ($p = .006$), група С и А ($p = .001$) и група В и А ($p = .017$). Даље, за подскалу IMI_IE, нађена је значајна разлика између група А и С ($p = .004$), група А и D ($p = .059$) и група В и С ($p = .020$). Овакви резултати указују на то да студенти са високим академским постигнућем (група А) улажу много више труда у учење на даљину од студената са нижим просеком (групе В, С и D). Међутим, перцепција уживања и интересовања перципирана је у супротном редоследу.

Наиме, група са нижим академским постигнућима (група D) више је уживала у учењу на даљину од студената из група C, B и A.

Резултати Крускал-Валис тестова који испитују разлике између различитог окружења за учење (традиционалног, онлајн и комбинованог) и нивоа мотивације током учења на даљину приказани су у Табели 16. Уочене су статистички значајне разлике између три групе ($H = 11.313$, $p = .003$). Групе су се значајно разликовале на подскали вредност/корисност ($H = 9.909$, $p = .007$) и подскали интересовање/уживање ($H = 9.224$, $p = .010$). Нису примећене значајне разлике између три групе за подскалу труд(напор)/важност.

Табела 16. Анализа разлика између окружења за учење и нивоа мотивације студената

Упитник	Средњи рангови			Крускал-Валис		
	Традиционална	Онлине	Комбинована	χ^2	Df	<i>p</i> вредност
Труд(напор)/важност (IMI_EI)	418.41	415.41	385.42	.610	2	.737
Вредност/корисност (IMI_VU)	402.18	467.35	435.39	9.909	2	.007
Интересовање/уживање (IMI_IE)	403.29	466.81	416.71	9.224	2	.010
Мотивација	401.47	471.72	427.08	11.313	2	.003

Легенда: χ^2 = Хи-квадрат; Df = Степени слободe

Да би се утврдиле разлике између група, коришћени су пост хок тестови и парна поређења између група. Студенти из традиционалне групе (Средњи ранг = 401.47) били су значајно мање мотивисани ($p = .001$) током учења на даљину од студената из онлајн групе (Средњи ранг = 471.72).

Табела 17. Анализа разлика између универзитета и нивоа мотивације студената

Упитник	Средњи рангови		Ман-Витни		
	УНС	УМ	<i>U</i> скор	<i>z</i> скор	<i>p</i> вредност
Труд(напор)/важност (IMI_EI)	398.88	470.06	53445.500	-3.732	.000
Вредност/корисност (IMI_VU)	409.32	438.33	59981.500	-1.505	.132
Интересовање/уживање (IMI_IE)	424.71	391.56	59340.500	-1.721	.085
Мотивација	412.18	429.63	61773.000	-.904	.366

Легенда: УНС = Универзитет у Новом Саду; УМ = Универзитет Метрополитан

Табела 17 илуструје да нема статистички значајних разлика између студената са два Универзитета у погледу укупне мотивације ($p = .366$). Међутим, постоје статистички значајне разлике на мотивационој подскали труд(напор)/важност (IMI_EI). Студенти са Универзитета Метрополитан (Средњи ранг = 470.06) улажу више труда у учење на даљину ($Z = -3.732, p < .001$) у поређењу са студентима Универзитета у Новом Саду (Средњи ранг = 424.71).

Ман-Витни тестови су коришћени и да би се утврдило да ли је пол повезан са мотивацијом студената током учења на даљину у време пандемије. Резултати показују да нема статистички значајних разлика између полова у погледу мотивације и њених подкатегорија.

4.3.2. Анализа позитивних и негативних аспеката учења на даљину

У Табели 18 приказани су утисци студената о учењу на даљину реализованом током пандемије. Студенти су одабрали 2537 (или 68%) негативних изјава и 1206 (или 32%) изјава из позитивног аспеката учења на даљину.

Табела 18. Утисци студената о учењу на даљину

Аспект	Код	Изјава	n	%
Позитивн и аспекти	Pos_1	Имао/ла сам више бенефита него да сам ишао/ла на факултет.	131	16%
	Pos_2	Било ми је много лакше да похађам наставу на даљину него да идем на факултет.	251	30%
	Pos_3	Настава на даљину ми је користила више од традиционалне наставе.	167	20%
	Pos_4	Мислим да ми настава на даљину може помоћи да боље спремим и положим испит.	245	29%
	Pos_5	Настава на даљину је била интересантна.	185	22%
	Pos_6	Уживао сам током наставе на даљину.	227	27%
Укупно позитивних			1206	32%
Негативн и аспекти	Neg_1	Добио сам мање бенефита него да сам ишао на факултет.	243	29%
	Neg_2	Традиционална настава је незаменљива.	282	34%
	Neg_3	Недостајала ми је „жива реч“.	360	43%
	Neg_4	Недостајале су ми колеге.	319	38%
	Neg_5	Недостајао ми је одлазак на факултет.	293	35%
	Neg_6	Предавања током наставе на даљину ми нису била јасна као предавања традиционалне наставе.	207	25%
	Neg_7	Настава на даљину је била досадна.	126	15%
	Neg_8	Настава на даљину није држала моју пажњу у потпуности.	288	35%
	Neg_9	Нисам могао да се сконцентришем на учење у кућним условима.	273	33%
	Neg_10	Настава на даљину ми је била веома тешка	146	18%
Укупно негативних			2537	68%

Легенда: Pos = позитивни аспект; Neg = негативни аспект; n = број одговора;

Сваки студент је у просеку изабрао 4,5 од укупно 16 изјава. Најчешће изабране изјаве из позитивног аспекта су: „Било је много лакше да похађам наставу на даљину него да идем на факултет“ (251 одговор, 30%) и „Мислим да ми настава на даљину може помоћи да боље спремим и положим испит“ (245 одговора или 29%). Најређе изабрана изјава овог (позитивног) аспекта је: „Имао/ла сам више бенефита него да сам ишао/ла на факултет“ (131 одговор, 16%). Када говоримо о негативном аспекту, најчешће одабране изјаве су: „Недостајала ми је „жива реч“ (360 одговора или 43%), „Недостајале су ми колеге“ (319 одговора или 38%), „Недостајао ми је одлазак на факултет“ (293 одговора или 35%) и „Настава на даљину није држала моју пажњу у потпуности“ (288 одговора или 35%). Свега 15% студената (њих 126) се сложило са изјавом: „Настава на даљину је била досадна“ и 18% (146 студената) са изјавом: „Настава на даљину ми је била веома тешка“, што представља најређе изабране изјаве негативног аспекта (Табела 18).

У претходној табели (Табела 18) је приказана општа дистрибуција студентских одговора, док Табела 19 представља дистрибуцију студентских утисака о учењу на даљину током пандемије у зависности од наставног окружења. Традиционални студенти су се најчешће сложили са изјавом: „Недостајала ми је „жива реч““ (44%) док су најређе изражавали сагласност са изјавом: „Имао/ла сам више бенефита него да сам ишао/ла на факултет“ (15%). Онлајн група студената је најчешће сагласна са изјавом: „Недостајале су ми колеге“ (37%), а најређе са изјавом: „Добио сам мање бенефита него да сам ишао на факултет“ (свега 5%).

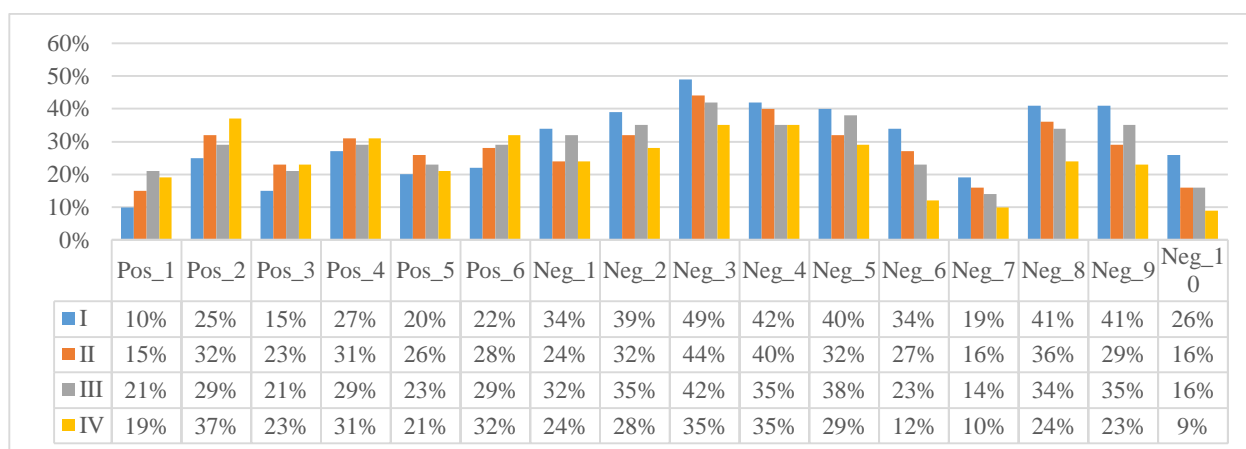
Табела 19. Утисци студената о учењу на даљину у зависности од наставног окружења

Аспект	Код	Изјава	0 (n=663)		1 (n=166)		2 (n=33)		Total (n=832)	
			N	%	N	%	N	%	N	%
Позитивни аспекти	Pos_1	Имао/ла сам више бенефита него да сам ишао/ла на факултет.	95	15%	32	9%	4	2%	131	16%
	Pos_2	Било ми је много лакше да похађам наставу на даљину него да идем на факултет.	186	29%	56	34%	9	27%	251	30%
	Pos_3	Настава на даљину ми је користила више од традиционалне наставе.	112	18%	47	28%	8	24%	167	20%
	Pos_4	Мислим да ми настава на даљину може помоћи да боље спремим и положим испит.	183	29%	51	31%	11	33%	245	29%
	Pos_5	Настава на даљину је била интересантна.	139	22%	37	22%	9	27%	185	22%
	Pos_6	Уживао сам током наставе на даљину.	162	26%	57	34%	8	24%	227	27%
Укупно позитивних									1206	32%
Негативни аспекти	Neg_1	Добио сам мање бенефита него да сам ишао на факултет.	193	30%	42	5%	8	24%	243	29%
	Neg_2	Традиционална настава је незаменљива.	235	37%	40	24%	7	21%	282	34%

Neg_3	Недостајала ми је „жива реч“.	281	44%	60	36%	19	58%	360	43%
Neg_4	Недостајале су ми колеге.	245	39%	62	37%	12	36%	319	38%
Neg_5	Недостајао ми је одлазак на факултет.	231	36%	51	31%	11	33%	293	35%
Neg_6	Предавања током наставе на даљину ми нису била јасна као предавања традиционалне наставе.	158	25%	42	25%	7	21%	207	25%
Neg_7	Настава на даљину је била досадна.	105	17%	14	8%	7	21%	126	15%
Neg_8	Настава на даљину није држала моју пажњу у потпуности.	235	37%	42	25%	11	33%	288	35%
Neg_9	Нисам могао да се сконцентришем на учење у кућним условима.	220	35%	44	27%	9	27%	273	33%
Neg_10	Настава на даљину ми је била веома тешка.	121	19%	21	13%	4	12%	146	18%
Укупно негативних								2537	68%

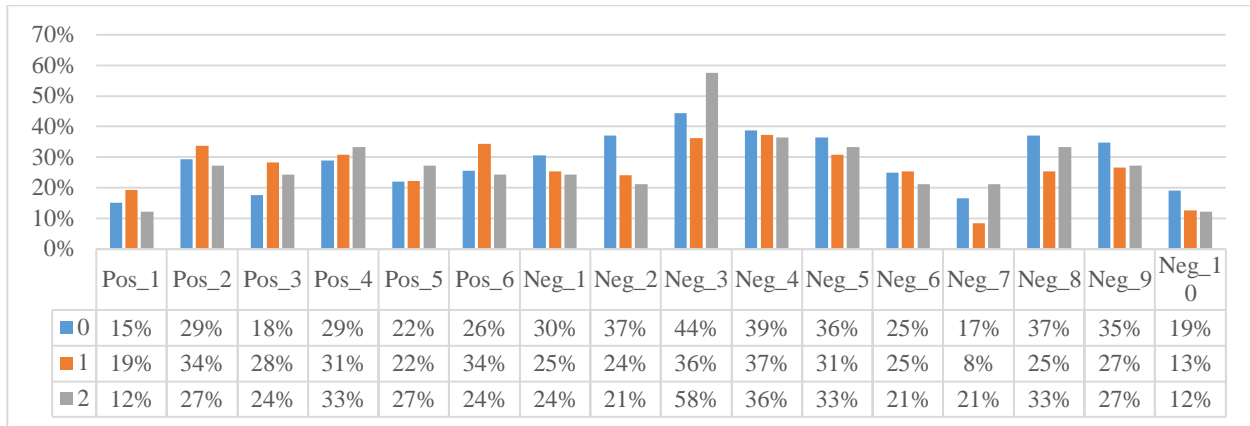
Легенда: 0 – традиционална група, 1 – онлајн група, 2 – комбинована група

Додатна анализа студентских одговора показује значајну разлику између ставова млађих и старијих студената (Слика 45). Већа је вероватноћа да старији студенти имају позитиван став према промењеном окружењу за учење. С друге стране, млађи студенти се чешће слажу са негативним ставкама и у већој мери указују на: незадовољство учењем на даљину, смањену мотивацију, недостатак концентрације и разне потешкоће. Ови резултати указују на то да су млађи студенти (прва година) најугроженији када је у питању развијање мотивације за учење и да ће им требати више подршке него старијим студентима од када су учионице пребачене на интернет и учење на даљину.



Слика 45. Дистрибуција студентских утисака о учењу на даљину према години студија

Додатна анализа студентских одговора показује значајну разлику између ставова традиционалних, онлајн и комбинованих група студената (Слика 46). Већа је вероватноћа да студенти из онлајн групе имају позитиван став према настави на даљину. С друге стране, студенти из традиционалне групе се чешће слажу са негативним ставкама и у већој мери указују на потешкоће и незадовољство учењем на даљину. Ови резултати су у одређеној мери и очекивани јер је „настава на даљину“ слободан избор онлајн групе студената док су студенти традиционалне групе сплетом околности били принуђени на ново наставно окружење, као и студенти комбиноване групе (истина у мањој мери). Занимљиво је да студенти свих наставних окружења запажају и високо котирају исту предност наставе на даљину „Било ми је много лакше да похађам наставу на даљину него да идем на факултет.“. Слично је и са најчешће одабраним негативним аспектима „Недостајала ми је „жива реч“.“ и „Недостајале су ми колеге.“. Дакле, без обзира на наставно окружење студенти истичу објективне предности односно мане наставе на даљину.



Легенда: 0 – традиционална група, 1 – онлајн група, 2 – комбинована група

Слика 46. Дистрибуција студентских утисака о учењу на даљину према наставном окружењу

Анализом студентских одговора на два отворена питања откривено је да су примарне предности учења на даљину:

- а) могућност да раде према сопственом распореду у опуштеном окружењу;
- б) могућност да поново одгледају предавање ако је потребно;
- в) осећај слободе да постављају питања и комуницирају са наставницима;
- г) уштеда времена за путовање (студенти нису морали да путују од стана/кампуса до факултета и назад).

У наставку су представљени неки од најзаступљенијих одговора студената који потврђују претходне закључке:

Флексибилност, могао сам да учим по сопственом распореду у пријатној атмосфери моје собе уз кафу. (Студент 247)

Притисак је мањи, опуштенији смо и увек можемо да вратимо снимак на део који нисмо разумели. (Студент 578)

Била сам слободнија да поставим питање током предавања. (Студент 471)

Главна предност учења на даљину била је уштеда времена за путовање и смањење трошкова (путовања, смештаја и хране). (Студент 36)

Поред предности, откривене су и многобројне мане/недостаци наставе на даљину анализом студентских одговора на отворена питања. Како је промена била брза и неочекивана, изазвала је забринутост студената. Често су указивали на проблеме у вези са социјалним аспектом и социо-емоционалним аспектом наставе и учења. Други истакнути недостаци/мане наставе на даљину су:

а) незадовољство наставом на даљину јер су осећали недостатак мотивације, фокуса и могућности да се сконцентришу на предавања;

б) проблеме и потешкоће специфичне за математичке садржаје у учењу математике током наставе на даљину.

в) изостанак социјализације и живе интеракције;

г) недостатак размене искустава и информација са вршњацима;

д) уживање у друштвеном животу, интеракција током паузе између предавања;

ђ) различити технолошки проблеми који могу да ометају наставу и учење, као што су лоша интернет конекција и слаб квалитет звука и видеа.

Ово постаје јасније када имамо увид у неке од заступљенијих коментара студената (из сесије отворених питања) који потврђују претходне закључке:

Настава на даљину није држала моју пажњу. Брзо сам изгубио фокус, јер у кућним условима нисам могао да се осећам као да сам на предавању. (Студент 126)

Имао сам техничких проблема, често лошу интернет мрежу, слаб квалитет звука и видеа што је подразумевало отежану комуникацију. (Студент 611)

Било је веома тешко пратити предавања из математике на мрежи, јер то није као на пример час енглеског језика где се може само слушати и разговарати. (Студент 241)

Било је тешко пратити све курсеве јер је промена била веома брза и неочекивана. Осећала сам велику забринутост и нисам могла да се фокусирам на учење. (Студент 67)

Недостајало ми је дружење уживо, шале и паузе за кафу са колегама као и дељење искустава и информација са њима. (Студент 502)

4.3.3. Корелација позитивних и негативних аспеката учења на даљину

Спирманов коефицијент корелације се користи да би се утврдио однос између ставки о позитивним и негативним аспектима учења на даљину. Резултати корелације су приказани у Табели 20.

Тест значајности је показао да постоји јака корелација између скоро свих ставки упитника (116 од 120 корелација). Сви позитивни аспекти су били у јакој позитивној корелацији са $p < .01$. Најјача корелација је била између „Много је лакше похађати овако организовану наставу него ићи на факултет“ и „Настава на даљину ми више одговара од традиционалне наставе“ (Pos_2 и Pos_3 аспекти $\rho(832) = .60, p < .01$).

Негативни аспекти су такође били у позитивној корелацији. Најјача веза била је између „Недостајале су ми колеге“ и „Недостајао ми је одлазак на факултет“. (Neg_4 и Neg_5 аспекти $\rho(832) = .59, p < .01$). Такође, већина позитивних и негативних аспеката је била у негативним корелацијама. Овај однос је био очекиван, јер што су студенти сагласнији са позитивним аспектима, мање су ценили негативне аспекте и обрнуто. Неколико ставки није било у статистички значајној корелацији (на пример, Pos_4 и Neg_4, 5 и 7, као што је приказано у Табели 20).

Табела 20. Спearманове корелације ранг-реда (N= 832).

	Pos_1	Pos_2	Pos_3	Pos_4	Pos_5	Pos_6	Neg_1	Neg_2	Neg_3	Neg_4	Neg_5	Neg_6	Neg_7	Neg_8	Neg_9	Neg_10
Pos_1	1															
Pos_2	.36**	1														
Pos_3	.42**	.60**	1													
Pos_4	.28**	.28**	.36**	1												
Pos_5	.28**	.29**	.30**	.29**	1											
Pos_6	.37**	.54**	.57**	.32**	.41**	1										
Neg_1	-.26**	-.27**	-.28**	-.19**	-.28**	-.29**	1									
Neg_2	-.23**	-.39**	-.34**	-.15**	-.25**	-.35**	.30**	1								
Neg_3	-.24**	-.35**	-.36**	-.10**	-.18**	-.34**	.19**	.31**	1							
Neg_4	-.14**	-.20**	-.20**	ns	-.07*	-.19**	.07*	.13**	.33**	1						
Neg_5	-.16**	-.28**	-.23**	ns	-.11**	-.20**	.12**	.24**	.39**	.59**	1					
Neg_6	-.22**	-.26**	-.25**	-.09**	-.20**	-.26**	.29**	.24**	.30**	.13**	.14**	1				
Neg_7	-.14**	-.15**	-.15**	ns	-.19**	-.21**	.27**	.23**	.23**	.12**	.17**	.28**	1			
Neg_8	-.22**	-.26**	-.27**	-.09*	-.29**	-.33**	.25**	.27**	.28**	.20**	.26**	.33**	.42**	1		
Neg_9	-.22**	-.31**	-.30**	-.12**	-.24**	-.35**	.28**	.32**	.30**	.20**	.26**	.36**	.33**	.46**	1	
Neg_10	ns	-.23**	-.19**	-.10**	-.21**	-.24**	.27**	.26**	.25**	.13**	.21**	.38**	.32**	.38**	.36**	1

Легенда: *Корелација је значајна са нивоом значајности 0.05 ($p < 0.05$), ** Корелација је значајна са нивоом значајности 0.01 ($p < 0.01$), ns = није значајна,
Pos = позитивни аспекти, Neg = негативни аспекти

4.4. Дискусија и закључак

Резултати ове студије (и квалитативни и квантитативни) покрећу низ важних тачака за дискусију. У односу на прву тему истраживања, док су претходне студије откриле снажну негативну корелацију између утицаја пандемије на учење и ставова студената високог образовања (нпр. Gonçalves et al., 2020), ова студија указује на мотивационе разлике студената у односу на њихове демографске карактеристике.

Прво, што се тиче године студија, ова анализа је показала да су студенти прве године били значајно мање мотивисани током процеса учења на даљину од старијих студената. Осим тога, они изражавају да виде учење на даљину као мање вредно и мање занимљиво у односу на старије студенте. С друге стране, најстарији студенти (студенти четврте године) наводе да су уложили знатно мање труда/напора током учења на даљину од млађих студената. Нека специфична истраживања показују да су млађи студенти имали позитивније ставове према учењу комуникационих вештина у поређењу са старијим студентима (Cleland, Foster & Moffat, 2005), што је у супротности са резултатима приказаног истраживања. Постоји неколико разлога за резултате приказаног истраживања. У поређењу са млађим студентима, старији студенти су прилично „уиграни“, имају искуство у учењу, утврђене циљеве учења и знају шта се од њих очекује у погледу исхода учења. Студенти прве године су на почетку новог образовног циклуса и један семестар им није био довољан да пређу из средњошколског контекста и развију све вештине потребне за учење у високом образовању. Они морају да уложе више труда и напора да би били у току са процесом наставе и учења. Препознавање важности прве године и начина на који студент почиње своје факултетско искуство може бити најбољи предиктор како ће се њихово факултетско искуство завршити (Maloney & Kim, 2020). Ови резултати указују на то да су млађи студенти најугроженији када је у питању развијање мотивације за учење и да им вероватно треба више подршке него старијим студентима од када се учионице пребачене на интернет и учење на даљину. Наставници би требало да имају више разумевања (Makarova, 2021), да им помогну да се носе са анксиозношћу у учењу (Sharma & Sarkar, 2020), да подстичу њихово веровање у себе и дају им додатну подршку током процеса наставе и учења. На овај начин, комбиновано окружење за учење може смањити повећан напор студената и обезбедити мање стресан процес учења (Sharma & Sarkar, 2020).

Друго, што се тиче академског успеха студената, резултати истраживања указују на то да су студенти са већим академским успехом уложили више труда од осталих студената. Овај резултат је у складу са очекивањима и амбицијама успешних студената, јер сваки успех захтева одређени труд и напор. Међутим, студенти са нижим академским успехом су били задовољнији од својих успешнијих колега (студената са вишим/бољим академским постигнућима). Разлог за то може бити отежано праћење и контрола од стране наставника или нижи стандарди по питању квалитета наставе и сопствених очекивања. Успешнији студенти су радозналији, важно им је да добију што више информација како би што боље савладали и разумели градиво.

Треће, у погледу истраживања утицаја различитих окружења за учење (традиционалних, онлајн и комбинованих) на мотивацију, резултати истраживања указују на важност претходних искустава онлајн учења. Откривено је да су студенти који су претходно похађали традиционалну наставу били знатно мање мотивисани од студената који су похађали онлајн наставу. На крају, резултати овог истраживања указују да не постоје разлике у односу на различите институције, као ни по полу студената.

Што се тиче другог истраживачког питања, резултати корелационе анализе указују на позитиван однос између свих позитивних аспеката наставе на даљину. Штавише, перцепције негативних аспеката биле су међусобно зависне. Међутим, однос између два различита скупа карактеристика (позитивних и негативних) био је изразито негативан, а не неповезан. Ови резултати су у сагласности са студентским одговорима из којих се закључује да је примарна предност учења на даљину то што су могли:

- а) да раде по сопственом распореду у опуштеном окружењу;
- б) поново да погледају предавање ако је потребно;
- в) слободније да постављају питања и комуницирају са наставницима;
- г) да уштеде време путовања.

Ипак, ученици јасно указују и на негативне последице:

- а) осетили су недостатак мотивације и фокуса;
- б) анксиозност;
- в) указивање на тешкоће са праћењем наставе и учењем математике;
- г) пропуштање социјализације и социо-емоционалног аспекта наставе и учења.

Ови резултати су у складу са ранијим истраживањем ове теме од стране Чандре (Chandra, 2020), који је пронашао неколико негативних последица пандемије: студенти су искусили академски стрес, страх од неуспеха, осећај досаде и депресивне мисли које су одвлачиле студенте од академских и креативних активности. Нека слична истраживања (Hassan et al., 2021) указују на перцепцију повећаног академског оптерећења током учења на даљину (виртуелне студије), што на пример наши студенти нису истакли, док је потреба за унапређењем техничке подршке током пандемије Ковид-19 уобичајено запажање. У нашој студији студенти истичу недостатак интеракције и комуникације уживо као један од највећих недостатака учења на даљину током пандемије, док Коман и сарадници (Coman et al., 2020) показују да румунски студенти овај недостатак најниже рангирају. Како се претходни закључци односе на глобалне закључке, било би од користи да се будућа истраживања фокусирају на конкретне предмете/курсеve. Природа неких курсева (нпр. из области друштвених наука) је подложнија утицају онлајн наставе од других (нпр. из области природних наука, јер оне захтевају практичне вежбе и експерименте).

Морају се узети у обзир три ограничења ове студије. Прво, анализа и закључци који су овде представљени засновани су на перцепцији студената (самоизвештавање). Следећи корак би био, како су предложили Мартенс, Бастианс и Киршхнер (Martens, Bastiaens & Kirschner, 2007), даље истраживање понашања и саморегулације студената у погледу важних варијабли унутрашње мотивације и перцепције предности и мана наставе на даљину тј. окружења за учење. Друго, важно је препознати да је истраживање које је овде приказано спроведено у контексту образовног система који следи традиционалнији приступ учењу, мали проценат (мање од 10%) српских студената је имао искуства са учењем на даљину пре пандемија. Иако је ванредно стање преbacило учионице на интернет и учење на даљину, то није променило приступ целокупном образовном процесу. Студенти у овим срединама и даље су морали да раде индивидуално, не поштујући принципе искуственијег и конструктивистичког приступа учењу (на пример, аутентичност, рефлексивност или сарадња). ТИ треће, ова студија истражује искуства студената у случају принудног учења на даљину, то није био добровољан и изабран начин студирања и учења (за већину).

5. Закључак

Образовање је једна од основних карика у развоју друштва, економије и привреде, готово да нема развијеног и успешног друштва које не улаже значајне ресурсе у образовни процес. Просперитет друштва је заснован и директно повезан са знањем и вештинама његове популације. У протеклих неколико деценија сведочимо да Информационо-комуникационе технологије диктирају темпо и постављају стандарде новог (дигиталног) друштва, што се неминовно одражава и на процес образовања. Под утицајем модерних технологија, мења се не само начин на који наставници испоручују и преносе знање ученицима (наставно окружење, педагошки алати, наставне методе), већ се мењају и исходи, вештине и знања којима ученици треба да владају. Узимајући све ово у обзир, постаје јасно да су данас образовни проблеми разноврснији, а потребе и захтеви друштва све сложенији. Дакле, неопходно је кретати се у корак са временом, технолошким постигнућима и захтевима друштва у оквиру којег образовни систем постоји.

Студенти у традиционалним (класичним) образовним системима често третирају знање као скуп правила или чињеница које нису увек повезане, док конструктивистички приступ учењу омогућава студентима да креирају индивидуалне везе између појмова, ставова и различитих концепата. Истраживања (нпр. Von Glasersfeld, 1995; Von Glasersfeld, 2013) су показала да студенти који користе традиционални приступ учењу често немају дуготрајно функционално знање и тешко решавају нове нестандартне проблеме (без обзира на њихову сложеност). Традиционална настава је раније описана као веома задовољавајућа и прилагођена потребама друштва (масовно описмењавање, индустријализација друштва), али данас квалитет традиционалне наставе не може у потпуности да задовољи потребе савременог друштва. Савремено друштво поставља нове стандарде, захтевајући од појединаца да стичу, анализирају и управљају информацијама, односно функционалним и употребљивим знањем. Од ученика се очекује да повезују информације, траже правилности и откривају нове податке, а не да једноставно реплицирају и репродукују примљене информације (конструктивистички модел учења). Ово је од изузетног значаја за развој напредног математичког мишљења и вештина решавања проблема.

У складу са конструктивистичким приступом настави, у литератури се издвајају две различите могућности и методе обраде математичких појмова: коришћењем концепта (метода) слике (concept image) и концепта (метода) дефиниције (concept definition) (Tall, 1992; Tall, 1997). Док се концепт слике гради током времена на основу различитих искустава која су подложна промени, како се појединци сусрећу са новим подстицајима, концепт дефиниције укључује вербално и симболичко представљање концепата који су независни од претходних искустава. Комбинација концепта слике и дефиниције доводи до решавања когнитивних конфликта и разумевања релевантних математичких концепата (Такачи, Stankov & Milanović, 2015; Такачи, Pešić & Tatar, 2006; Tall, 1992; Vinner, 1982). Такође, са напретком модерне технологије, наставници имају

приступ различитим алатима и ресурсима да комбинују методе концепта слике и дефиниције како би створили ефикаснији наставни процес.

Литература сугерише (Judson, 2006; Taber, 2017) да наставници који примењују конструктивистички приступ настави чешће користе ИКТ и стављају ученике у центар образовног процеса. Резултати показују да комбинација концепта слике и дефиниције доводи до дубљег разумевања математичких појмова и побољшава ефикасност образовног процеса. Затим, истраживања (нпр. Илић, 2020) истичу да образовање које користи интерактивне медије добија значајно на побољшању квалитета јер се дигиталне информације и наставни садржај комбинују са анимацијом, сликама и звуком. Такав интерактивни наставни садржај је свеобухватнији јер пружа потпуне информације и позитивно стимулише мотивацију код ученика и студената (Khan, 2017). Избор наставног софтвера и креативних алата за учење (који између осталог повећавају индивидуализацију у образовању) је кључан за успех такве наставе.

Недавна пандемија је још јасније показала да је технологија у образовању постала друштвена потреба, како би се осигурало ефикасно и квалитетно образовање за све ученике/студенте. Ипак, успешна интеграција технологије и процеса учења постаје све сложенија и изазовнија под утицајем различитих фактора као што су: адекватна финансијска средства; хардверска инфраструктура; развој софтвера; обука наставника; прилагођавање наставног материјала; прилагођавање наставног плана и програма; као и стварање нових улога за ученике, наставнике и техничко особље (Graham, Woodfield & Harrison, 2013). Данас ово захтева свеобухватан и интердисциплинаран приступ, јер сваки недостатак у једном аспекту може негативно утицати на укупну ефективност и ефикасност процеса учења. Пандемија која је задесила човечанство претходних година, несумњиво је покренула одређене трендове у модернизацији образовања и промену парадигме која истиче ангажовање, мотивацију и укључивање ученика. Дакле, разумевање начина на који савремене технологије могу да пруже додатну подршку просветним радницима у организовању образовног процеса и студентима у разумевању математичких области у високом образовању је од изузетне научне и практичне релевантности.

Већина техничких и економских факултета у Србији математику сврстава и изучава као један од основних предмета током прве године основних студија, јер управо математика игра кључну улогу у разумевању рачунарства, економије, инжењерства и других дисциплина. Нажалост, практична искуства и бројна истраживања (Tall, 1992; Такаћи, Решић & Tatar, 2006; Такаћи, Stankov & Milanović, 2015; Вожић et al., 2019) указују да се студенти суочавају са потешкоћама у схватању појмова везаних за функције, посебно када су у питању поступци и технике реалне математичке анализе у вези са функцијом једне променљиве. Истраживања сугеришу да су граничне вредности функција значајна област која се обрађује међу првим појмовима приликом преласка са елементарног на напредно математичко мишљење, у завршном разреду средње школе а затим и на факултету. На основу литературе (Tall, 2005; Tall, 1992; Tall, 1997; Tall & Vinner, 1981; Tall, 1995; Такаћи, et all, 2015) познато је да се приликом обраде појмова граничних вредности функција стварају когнитивни конфликти које је потребно

превазићи. Ове потешкоће се огледају не само у даљим курсевима математике, већ и у другим наукама као и у мотивацији студената за учење.

Истраживања описана у докторској дисертацији дизајнирана су тако да буду релевантна у односу на претходно истакнуте проблеме и изазове са којима се образовни систем суочава. Истраживања су идентификовала тренутно стање и потенцијалне проблеме у досадашњој настави и учењу математике на академском нивоу (што представља основну и полазну тачку за унапређење наставе). Затим су анализирали различите методе организовања наставе и на крају истакла педагошке алате и методе које подстичу студенте да унапреде своја постигнућа и буду мотивисани за учење током наставног процеса. Дакле, кроз два емпиријска истраживања, докторска дисертација се, у циљу давања доприноса савременој методици наставе математике, бави:

1) испитивањем и анализом утицаја различитог наставног окружења, пре и током пандемије Ковид-19, на постигнућа студената у оквиру основног курса математике на универзитетском нивоу;

2) анализирањем студентских радова са испита и колоквијума (пре и током пандемије Ковид-19), са нагласком на когнитивне конфликти и потешкоће у учењу математичких садржаја - Функција и њихових особина;

3) испитивањем и анализом искуства и става студената о настави и учењу на даљину током пандемије Ковид-19.

У складу са тим главни циљ ових истраживања је био унапређење наставе математике на академском нивоу, и то:

1) указивањем на тренутно стање и потенцијалне проблеме у досадашњој настави и учењу математике на академском нивоу (што треба да буде основна и полазна тачка у припремању и давању конкретних предлога за унапређење наставе математике и наставног окружења);

2) откривањем потенцијалних проблема (у настави математике) изазваних последицама пандемије Ковид-19 и рад на њиховом превазилажењу;

3) идентификацијом мотивационих предиктора и студентских ставова о настави на даљину.

Циљ истраживања, које је детаљно описано у Поглављу 3, је био двојак. Прво, основни циљ истраживања је био да пружи емпиријске доказе утицаја различитих приступа организацији наставног процеса испитивањем постигнућа студената у оквиру основног курса математике. Курс је креиран тако да омогућава студентима да разумеју и овладају основним знањима из математике која ће им бити потребна за праћење даљих студија и дубље разумевање курсева који су предвиђени за изучавање (теме као што су појам броја, математичка логика, теорија скупова, алгебарске структуре, елементи линеарне алгебре, затим векторска алгебра, математичка анализа реалне функције, па све до диференцијалног рачуна реалне функције једне променљиве). За истраживање су коришћене квантитативне методе које користе релевантне статистичке технике.

Друго, поред испитивања и идентификације тренутног стања (у којој мери испитаници исправно интерпретирају стечена знања из математике), истраживање је имало и квалитативан карактер који се односио на откривања потенцијалних когнитивних конфликта како би се радило на њиховом превазилажењу и унапређењу наставног окружења и наставних материјала. Потребно је напоменути да је истраживање укључивало две групе: групу 1 (школске 2019/20. године) и групу 2 (школске 2020/21. године). Свака група је имала три подгрупе тј. три различита наставна окружења: традиционално, комбиновано и онлајн окружење. Ови различити сценарији учења су детаљно анализирани, направљене су компарације између њих, а затим се упоређиване разлике између група и њихових подгрупа како би се поставиле јасне разлике на који начин је настава била организована и како су студенти пратили наставне материјале. У овом прегледу су, такође, истакнути различити педагошки алати који су коришћени како би се омогућило учење: платформа за размену материјала, .pdf документа, интерактивни наставни материјали, мапе ума, тестови за самопроцену и видео материјали.

Наставак споменутог истраживања (из Поглавља 3) се односио на анализу постигнућа студената коришћењем три различита мерна инструмента – успех ученика на домаћим задацима, успех ученика на колоквијуму и успех ученика на завршном испиту. Резултати истраживања указују на значајне разлике у погледу постигнућа студената у односу на окружења за учење. Студенти групе 2 (школске 2020/21. године) су били знатно успешнији у изради колоквијума и испита, остварили су боље резултате у поређењу са студентима групе 1 (школске 2019/20. године). Што се тиче домаћих задатака, резултати истраживања показују да нема статистички значајних разлика у погледу постигнућа на домаћим задацима између студената групе 2 и студената групе 1. Како су подгрупе студената (традиционална, комбинована и онлајн) у оквиру групе 1, као и у оквиру групе 2, у већини случајева биле уједначене извршене су додатне анализе како би се међусобно упоредиле одговарајуће подгрупе тих група. Ово је од посебног значаја јер на овај начин можемо детаљније разумети утицај технологије и промене наставног окружења у односу на различите типове организације наставе.

Резултати детаљнијег истраживања **традиционалних подгрупа**, показали су да постоје статистички значајне разлике у погледу постигнућа студената у односу на промену приступа раду – који је евидентиран и на резултатима колоквијума и на резултатима са завршног испита. Ово истраживање открива да су студенти традиционалне подгрупе групе 2 (школске 2020/21. године) остварили статистички значајно већи успех и боље резултате од својих колега из традиционалне подгрупе групе 1 (школске 2019/20. године). Ови резултати су веома занимљиви, јер иако традиционални студенти уочавају и истичу много више негативних него позитивних аспеката наставе на даљину (Stevanović, Nikolić & Milić, 2021) и истичу смањену унутрашњу мотивацију, они су значајно унапредили своја математичка постигнућа и ниво знања. Квалитет наставе на даљину (наставе у промењеном наставном окружењу), као и унапређење наставних материјала указује на побољшање и напредак студената традиционалне подгрупе групе 2 у односу на подгрупу традиционалних студената групе 1. Када посматрамо **студенте онлајн подгрупа** (групе 1 и групе 2), резултати истраживања показују да не постоје значајне разлике између постигнућа студената. То

је донекле и очекиван резултат јер се сам начин рада, као ни наставно окружење, за студенте онлајн подгрупа није много променило. У поређењу студената **комбинованих подгрупа** (групе 1 и групе 2) резултати истраживања су мешовити. Док су студенти комбиноване подгрупе групе 1 били успешнији у изради домаћих задатака, статистички боља постигнућа на колоквијуму иду у корист студентима комбиноване подгрупе групе 2. У погледу постигнућа у категорији испит није било значајних разлика између студената.

Дакле, резултати указују да наставно окружење традиционалне подгрупе групе 2 (школске 2020/21. године) има највећи допринос и помаже студентима да превазиђу когнитивне конфликте и тешкоће у разумевању математичких садржаја и олакшава им прелазак са основног (елементарног) на напредно математичко мишљење. Неколико закључака овог истраживања се може директно повезати са промењеним начином рада и новим наставним окружењем. На пример, студенти традиционалне подгрупе групе 2 су похађали „симулацију традиционалне наставе“ пратећи наставу уживо али онлајн, и они су највише унапредили своја постигнућа. Ипак, неколико битних чињеница је потребно истаћи:

- Прво, велика предност наставе на даљину описане у овој дисертацији, били су управо видео материјали који су константно били доступни студентима у било ком тренутку и на било ком уређају.
- Друго, интерактивност видео предавања је омогућавала студентима да их зауставе, паузирају или да понове одређени део градива. Такође, тестови за самопроцену током учења су омогућавали студентима да провере да ли су довољно добро савладали градиво, тестирају своје знање и одмах добију повратну информацију о успешности.
- Треће, треба узети у разматрање и околности изазване пандемијом које такође иду у прилог учењу и постизању бољих резултата. Иако ово није било могуће измерити током експерименталног периода, могуће је да су студенти услед изолације имали више слободног времена које су квалитетно утрошили у учење и своје усавршавање.

Сличне студије (нпр. Hegeman, 2015) истичу да студенти који су се уписали на редизајниран онлајн курс алгебре и похађали вођена видео предавања у којима су наставници имали улогу провајдера садржаја постигли знатно бољи учинак и на онлајн и на писаним проверама од студената који су се уписали на онлајн курс алгебре где је издавач генерисао садржаје.

Наставак (други део) споменутог истраживања (описаног у поглављу 3) односи се на квалитативну анализу когнитивних конфликта који су евидентирани у радовима студената, а односе се на граничне вредности функција и асимптоте. То су очекивани когнитивни конфликти који су познати из литературе (Tall, 2005; Tall, 1992; Tall, 1997; Tall & Vinner, 1981; Tall, 1995; Такаси, et al, 2015). Након анализе студентских радова са завршног испита, можемо приметити да су студенти у обе групе (како у групи 2 тако и у групи 1) имали сличне грешке, с тим да су студенти групе 2 (школске 2020/21. године) имали мање познатих грешака од студената из групе 1 (школске 2019/20. године) у

задацима за одређивање асимптота (као и у осталим, сличним задацима). У групи 2 је било више студената који су на завршном испиту тачно решили задатке који су се односили на особине функције од студената из групе 1 (Табела 12). Осим тога, битно је истаћи да су студенти групе 2 имали много разноврсније поступке и детаљнија објашњења од студената из групе 1 у одређивању како тачних, тако и погрешних одговора.

Циљ наредног истраживања, које је описано у поглављу 4, јесте пружање детаљнијих емпиријских доказа о томе како различити демографски фактори могу бити повезани са мотивацијом студената током експерименталног периода, као и да одговори на питања шта студенти истичу као позитивне и негативне аспекте промењеног наставног окружења. Иако доприноси раније литературе (Ryan & Deci, 2000; Martens, Bastiaens, & Kirschner 2007; Shroff et al., 2007) јасно указују да је мотивација студената позитивно повезана са понашањем студената, академским постигнућем и перцепцијом окружења за учење, тренутно постоји потреба за бољим разумевањем како су брзе и неопходне промене учења изазване пандемијом повезане са унутрашњом мотивацијом студената. Ово истраживање је специфично испитивало да ли су демографске карактеристике студената (пол, универзитет, окружење за учење, година студија и просек оцена) утицале на њихову перцепцију о димензијама мотивације (труд(напор)/важност, вредност/корисност и интересовање/уживање). Такође, разматрани су ставови студената (позитивни и негативни аспекти) о образовним променама и модификацијама које нису добро познате. Резултати овог истраживања (и квалитативни и квантитативни) покрећу низ важних тачака за дискусију.

Прво, мотивисаност студената је један од главних предиктора за успешан процес учења, утиче на квалитет менталних напора у самом процесу учења, и додатно се манифестује кроз активно учење и критичко размишљање. Однос који студенти имају према окружењу за учење је такође условљен друштвеним и контекстуалним факторима који се испољавају кроз интринзичну (унутрашњу) и екстринзичну (спољашњу) мотивацију. Што се тиче првог дела ове емпиријске студије, утицаја године студија на перцепцију о мотивацији, ово истраживање је показала да су студенти прве године били значајно мање мотивисани током процеса учења на даљину од старијих студената. Осим тога, они истичу да виде учење на даљину као мање вредно и мање занимљиво у односу на старије студенте. С друге стране, најстарији студенти (студенти четврте године) истичу да су уложили знатно мање труда/напора током учења на даљину од млађих студената. У поређењу са млађим студентима, старији студенти су прилично „уиграни“, имају искуство у учењу, утврђене циљеве учења и знају шта се од њих очекује у погледу исхода учења. Ови резултати указују на значај прве године студија и истичу да је млађим студентима (бруцошима) потребна додатна пажња и усмерења од стране наставника, као и додатни педагошки алати и образовне стратегије како би се студенти што лагодније укључили у образовни процес потпомогнут технологијама. Наставници могу развијати унутрашњу мотивацију коришћењем повећање комуникације са студентима и креирањем мање стресног комбинованог окружења за учење, као и да имају више разумевања да подстичу њихово веровање у себе. Ово је посебно битно јер научна литература (Martens & Kirschner, 2004; Ryan & Deci, 2000) истиче да се студенти који су

унутрашње мотивисани за учење описују као рефлексивни, саморегулаторни и фокусирани на процесирање дубоког нивоа што се може повезати са вишим академским достигнућима.

Друго, што се тиче утицаја академског успеха студената на перцепцију о њиховој мотивацији, студенти са већим академским успехом наводе да су уложили више труда од осталих студената. Овај резултат је у складу са очекивањима и амбицијама успешних студената, јер сваки успех захтева одређени труд и напор. Оно што је потребно додатно истаћи су наводи из литературе да унутрашња мотивација студената такође слаби услед неусклађености наставе са потребама и могућностима студената. Међутим, истраживање описано у овој дисертацији истиче да су студенти са нижим академским успехом били задовољнији од својих успешнијих колега (студената са вишим/бољим академским постигнућима). Разлог за то може бити мањак контроле од стране наставника, више слободе, као и избегавање одређених наставних активности, али и већи захтеви бољих студената могу довести до већег незадовољства.

Треће, у погледу истраживања утицаја различитих окружења за учење (традиционалних, онлајн и комбинованих) на мотивацију, резултати истраживања указују на важност претходних искустава онлајн учења. Откривено је да су студенти који су претходно похађали традиционалну наставу, били знатно мање мотивисани од студената који су похађали онлајн наставу. По мишљењу студената, настава на даљину је веома погодна за управљање временом, смањење трошкова као и за неке ванредне околности (као на пример прехлада/болест, кратко путовање, пословне обавезе/запосленост итд.). Неки од студената су такође истакли да им је много лакше да присуствују часу коришћењем рачунара. Позитиван аспект учења на даљину је и могућност да студенти прилагоде своје методе учења. Резултати овог истраживања указују да не постоје разлике у односу на различите институције, као ни по полу.

Што се тиче другог истраживачког питања (истраживања из поглавља 4), резултати корелационе анализе указују на позитиван однос између свих позитивних аспеката наставе на даљину, као и на позитиван однос између негативних аспеката наставе на даљину, док су позитивни и негативни аспекти били у негативној корелацији. Ови резултати одговарају студентским одговорима из којих се закључује да је примарна предност учења на даљину то што су могли: да раде по сопственом распореду у опуштеном окружењу; поново да погледају предавање ако је потребно; слободније постављају питања и комуницирају са наставницима и уштеде време путовања. Студенти такође сматрају и да им је било лакше да похађају наставу на даљину него да иду на факултет, као и то да им је настава на даљину помагала да боље спреме и положи испит. Веома мали број студената истиче да им је настава на даљину била досадна, и сличан број истиче да су имали потешкоће. Ипак, ученици јасно указују и на негативне последице: осетили су недостатак мотивације и фокуса; анксиозност; указивање на тешкоће са праћењем наставе и учењем математике и других природних наука; пропуштање социјализације и социо-емоционалног аспекта наставе и учења.

Додатна анализа студентских одговора је показала разлику између ставова млађих и старијих студената. Већи проценат старијих студента има позитиван став

према промењеном окружењу за учење. С друге стране, млађи студенти се чешће слажу са негативним ставкама и у већој мери указују на: незадовољство учењем на даљину, недостатак концентрације и разне потешкоће. Ово је у одређеној мери у корелацији са претходном секцијом истраживања у којој је истакнута смањена мотивација млађих студента. Ранија истраживања (нпр. Chandra, 2020) на ову тему истичу сличне негативне последица пандемије: студенти су искусили академски стрес, страх од неуспеха, осећај досаде и депресивне мисли које су одвлачиле студенте од академских и креативних активности. У истраживању приказаном у овој дисертацији студенти истичу недостатак интеракције и комуникације уживо као један од највећих недостатака учења на даљину током пандемије.

Ова дисертација је теоријско-експерименталног карактера и у складу са тиме су и њени циљеви и доприноси савременој дидактици и методици наставе математике у високом образовању.

Теоријски допринос докторске дисертације лежи у њеном аналитичком прегледу емпиријске и теоријске литературе из области методике наставе математике. Преглед узима у обзир неодвојивост академског успеха студената, њихову мотивацију и ставове према образовном процесу. У дисертацији се спроводи компаративна анализа кроз више комплементарних перспектива, укључујући технолошку (модерне дигиталне технологије које се могу користити у образовању) и педагошку (когнитивне потешкоће при напредном нивоу учења математике) са посебним фокусом на развој образовања и усвајање математичких знања у високом образовању. Истакнуто је постојеће стање и анализирани су различите тенденције и модели организације наставе са свим педагошким и дидактичким средствима подржаним технологијом (укључујући дискусију предности и мана). Закључно, теоријски допринос дисертације огледа се и у предложеном скупу технологија и алата за ефикасније образовање и комуникацију између студената међусобно али и између студента и наставника.

Научни допринос дисертације лежи у њеној експерименталној компоненти, која се заснива на два истраживања утицаја савремене технологије на унапређење конструктивистичког приступа учењу и омогућавање школовања студената у квалитетнијем окружењу. Резултати истраживања указују да интеграција дигиталних алата и конвенционалних метода наставе даје значајне елементе за развој квалитетнијег образовања, побољшање мотивације студената и њиховог академског успеха. Прецизније, научни доприноси дисертације се огледају у: разумевању когнитивних конфликта ученика од стране наставника како би се могло радити на њиховом решавању; сагледавању проблема из различитих перспектива и формирању ширег разумевања процеса наставе и учења; стварању наставног окружења прилагођеног ставовима и потребама ученика, које ће обезбедити одговарајуће услове за учење; модернизацији традиционалног приступа настави математике; неопходности унапређења мотивације за учење математике. Ови увиди су драгоцени за унапређење процеса наставе и учења у области математичког образовања и могу послужити за развој нових наставних технологија и методологија њихових примена у пракси.

Практични допринос ове дисертације је двојак. Први допринос се огледа у директној подршци универзитетима за унапређење наставног процеса. Осим за потребе споменутих академских радова и овог доктората, Универзитет Метрополитан је поред стандардног анкетирања студената искористио и резултате споменутог истраживања као један од критеријума приликом израде – унапређења наставног материјала и процеса наставе за наредну школску 2020/21. годину. Други допринос се огледа у испитивању корисности одређених дигиталних алата и интерактивних медија. Док највећа слабост традиционалног учења лежи у недостатку индивидуализације и недовољној унутрашњој и спољашњој мотивацији, квалитет образовања које користи интерактивне медије се може значајно унапредити.

Резултати ове студије истичу неколико практичних доприноса који се односе на избор наставног окружења и дигиталних алата за учење који могу повећати мотивацију и успех студената. Дакле, видео материјали су последњих година постали саставни део високог образовања јер нуде бројне погодности и на различите начине утичу на развој знања. Прво, видео снимци могу да пруже визуелни приказ сложених концепата, чинећи их лакшим за разумевање и памћење. Поред тога, студентима нуде могућност да паузирају, премотају и прегледају материјал сопственим темпом, омогућавајући дубље учење и боље задржавање знања. Штавише, видео снимци се могу користити за приказивање стварних примена теорија и концепата помажући да се премости јаз између учења у учионици и практичне примене.

Други алат за учење и развој у високом образовању су тестови за самооцењивање. Омогућујући студентима да процене сопствено знање и разумевање материјала курса, задаци за самооцењивање пружају облик формативног оцењивања који може помоћи студентима да идентификују области које су добро савладали, као и слабости, па да у складу са тим прилагоде своје стратегије учења. Штавише, чин самооцењивања захтева од ученика да се активно ангажују са материјалом курса и да критички размишљају о сопственом разумевању, што може побољшати процес учења и задржавања знања. Поред тога, задаци самооцењивања могу помоћи у промовисању аутономије студената и подстаћи студенте да преузму власништво над сопственим учењем, што може имати позитивне импликације на мотивацију и ангажовање.

Наредни практични алат се односи на коришћење форума или функција ћаскања у оквиру система за управљање учењем (LMS), који могу имати бројне предности за учење на даљину. Ови алати могу пружити студентима могућности да се укључе у колаборативне и асинхроне дискусије са својим вршњацима и наставницима, што доводи до побољшаног критичког мишљења, решавања проблема и социјализације. Коришћење форума за дискусију омогућава студентима да добију конструктивне повратне информације и прошире своје разумевање кроз размену различитих перспектива и искустава. Поред тога, ове карактеристике подстичу осећај заједништва и припадности међу ученицима који би се иначе могли осећати изоловано током учења на даљину.

Потребно је истаћи и улогу наставника током учења на даљину, која је претрпела значајне промене, посебно у области математике у високом образовању. Наставници

више нису искључиво одговорни за преношење знања кроз предавања, већ морају да олакшавају учење путем различитих дигиталних алата и платформи. Прихватајући употребу технологије, наставници могу створити ефикасно искуство учења на даљину које промовише ангажовање и успех ученика. На крају, постоје и негативни аспекти образовања на даљину, укључујући потешкоће за наставнике да препознају разлике међу ученицима и да на тај начин адекватно удовоље индивидуалним потребама, којих наставници морају бити свесни (Vanslambrouck et al., 2018). Остали проблеми укључују дизајн тестова, варијабилност, недостатак мотивације, повећану анксиозност, техничке проблеме и недовољну дигиталну писменост.

Истраживања описана у овој дисертацији представљају основу за даље испитивање начина за унапређење математичког образовања у високом образовању, јачање мотивације студената и оптимизацију резултата учења и наставе коришћењем савремених информационих технологија. Резултати представљени у дисертацији могу инспирисати истраживаче и наставнике да наставе са даљим усавршавањем дигиталних алата, њиховом дидактичком применом у пракси, али и да развијају педагошке приступе интеграције технологије у високом образовању. Било би пожељно да се слична истраживања (користећи истраживачке алате и методе обраде података приказане у овој дисертацији) спроведу и у другим областима математичког образовања у високом образовању, затим у другим дисциплинама и сродним наукама, али и на другим нивоима образовања (основни и средњим школама), како би се боље разумеле све импликације за ефикасност наставе и исходе учења.

Литература

- Adedoyin, O. B., & Soykan, E. (2020). COVID-19 pandemic and online learning: The challenges and opportunities. *Interactive Learning Environments*, 2(1), 1–13.
- Ahmad, A., Mohamed, Z., Setyaningsih, E., & Sugihandardji, C. (2021). Online learning interaction of mathematics teacher in junior high school: A survey in the COVID-19 pandemic. *Infinity*, 10(2), 271-284.
- Al-Faki, I. M., & Khamis, A. H. A. (2014). Difficulties facing teachers in using interactive whiteboards in their classes. *American International Journal of Social Science*, 3(2), 136-158.
- Alismail, H. A., & McGuire, P. (2015). 21st century standards and curriculum: Current research and practice. *Journal of Education and Practice*, 6(6), 150-154.
- Allam, S. N. S., Hassan, M. S., Mohideen, R. S., Ramlan, A. F., & Kamal, R. M. (2020). Online Distance Learning Readiness During Covid-19 Outbreak Among Undergraduate Students. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 10(5), 642–657.
- Allen, I. E., & Seaman, J. (2003). Sizing the opportunity: The quality and extent of online education in the United States, 2002 and 2003. Sloan Consortium (NJ1).
- Allen, I. E., & Seaman, J. (2007). Online nation: Five years of growth in online learning. Sloan Consortium. PO Box 1238, Newburyport, MA 01950.
- Allen, I. E., & Seaman, J. (2014). Grade Change: Tracking Online Education in the United States. Babson Survey Research Group. Retrieved from <http://www.onlinelearningsurvey.com/reports/gradechange.pdf>
- Ally, M. (2008). Foundations of educational theory for online learning. In T. Anderson (Ed.), *Theory and practice of online learning* (2nd ed., pp. 3-31). Retrieved from <http://www.aupress.ca/index.php/books/120146>
- Amin, I., & Mariani, S. (2017). PME learning model: The conceptual theoretical study of metacognition learning in mathematics problem solving based on constructivism. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, 12(3), 333-352.
- Anagün, S. S. (2018). Teachers' Perceptions about the Relationship between 21st Century Skills and Managing Constructivist Learning Environments. *International Journal of Instruction*, 11(4), 825-840.
- Andrade, H. (2010). “Students as the definitive source of formative assessment: academic self-assessment and the self-regulation of learning,” in *Handbook of Formative Assessment*, eds H. Andrade and G. Cizek (New York, NY: Routledge), 90–105.
- Andrade, H. L. (2019, August). A critical review of research on student self-assessment. In *Frontiers in Education* (Vol. 4, p. 87). Frontiers Media SA.
- Arambašić, L., Vlahović Štetić, V. & Severinac, A. (2005). Je li matematika bauk? Stavovi, uvjerenja i strah od matematike kod gimnazijalaca. *Društvena istraživanja*, Vol. 14, No. 6, 1081–1102.
- Aucejo, E. M., French, J., Araya, M. P. U., & Zafar, B. (2020). The Impact of Covid-19 on Student Experiences and Expectations: Evidence from a Survey. *Journal of Public*

- Economics NBER Working Paper No. w27392, Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3632618>
- Bates, A. W. (2005). *Technology, e-learning and distance education* (2nd ed.). New York: Routledge Falmer.
- Bembenuity, H., & White, M. C. (2013). Academic performance and satisfaction with homework completion among college students. *Learning and Individual Differences*, 24, 83 – 88.
- Benček, A. i Marenić, M. (2006). Motivacija učenika osnovne škole u nastavi matematike. *Metodički obzori*, Vol. 1, No. 1, 104–117.
- Bennett, R. E. (2011). Formative assessment: A critical review. *Assessment in education: principles, policy & practice*, 18(1), 5-25.
- Bennett, S., & Lockyer, L. (2004). Becoming an online teacher: Adapting to a changed environment for teaching and learning in higher education. *Educational Media International*, 41(3), 231-248.
- Bermejo, V., Ester, P., & Morales, I. (2021). A constructivist intervention program for the improvement of mathematical performance based on empiric developmental results (PEIM). *Frontiers in psychology*, 11, 582805.
- Bernard, M., & Chotimah, S. (2018, September). Improve student mathematical reasoning ability with open-ended approach using VBA for powerpoint. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2014, No. 1, p. 020013). AIP Publishing LLC.
- Bhowmik, M. (2014). Constructivism approach in mathematics teaching and assessment of mathematical understanding. *Basic Research Journal of Education Research and Review* ISSN 2315-6872 Vol. 4(1), pp. 08-12.
- Bodner, G. M. (1986). Constructivism: A Theory of Knowledge. *Journal of Chemical Education*, 63 (10), 873-878.
- Bozkurt, A., & Sharma, R. C. (2020). Emergency Remote Teaching in a Time of Global Crisis Due to CoronaVirus Pandemic. *Asian Journal of Distance Education*, 15(1), 1-6.
- Božić, R., Hasić, A., Jovanova, B., & Romano, D. A. (2019). The possibilities of developing algebraic thinking in the middle school upper grades. *Open Mathematical Education Notes*, 9(1), 55-68.
- Božić, R., Takači, Đ., & Stankov, G. (2021). Influence of dynamic software environment on students' achievement of learning functions with parameters. *Interactive Learning Environments*, 29(4), 655-669. DOI: [10.1080/10494820.2019.1602842](https://doi.org/10.1080/10494820.2019.1602842)
- Brecht, H. D. (2012). Learning from online video lectures. *Journal of Information Technology Education. Innovations in Practice*, 11, 227.
- Brooks, J. G., & Brooks, M. G. (1993). *In search of understanding: the case for constructivist classrooms*. Alexandria, VA: American Society for Curriculum Development.
- Brophy, J. (2010). *Motivating students to learn* (3rd ed.). New York, NY: Routledge.
- Brophy, J. E. (2013). *Motivating Students to Learn*. New York & London: Routledge.
- Brown, G. T., and Harris, L. R. (2013). "Student self-assessment," in *Sage Handbook of Research on Classroom Assessment*, ed J. H. McMillan (Los Angeles, CA: Sage), 367–393. doi: 10.4135/9781452218649.n21
- Caputi, V., & Garrido, A. (2015). Student-oriented planning of e-learning contents for Moodle. *Journal of Network and Computer Applications*, 53, 115-127.

- Cascaval, R. C., Fogler, K. A., Abrams, G. D., & Durham, R. L. (2008). Evaluating the benefits of providing archived online lectures to in-class math students. *Journal of Asynchronous Learning Networks*, 12, 61-70.
- Chandra, Y. (2020). Online education during COVID-19: perception of academic stress and emotional intelligence coping strategies among college students. *Asian Education and Development Studies*, 10(2), 229-238.
- Cho, E., & S. Kim. (2015). Cronbach's Coefficient Alpha: Well-Known but Poorly Understood. *Organizational Research Methods*, 18, 207–230.
- Chomeya, R. (2010). Quality of Psychology Test Between Likert Scale 5 and 6 Points. *Journal of Social Sciences*, 6(3), 399-403.
- Cleland, J., Foster, K., & Moffat, M. (2005) Undergraduate students' attitudes to communication skills learning differ depending on year of study and gender, *Medical Teacher*, 27:3, 246-251, DOI: 10.1080/01421590400029541
- Cleophas, T. J., & Zwinderman, A. H. (2016). Non-parametric Tests for Three or More Samples (Friedman and Kruskal-Wallis). *Clinical Data Analysis on a Pocket Calculator*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-27104-0_34
- Coman, C., Țiru, L. G., Meseșan-Schmitz, L., Stanciu, C., & Bularca, M. C. (2020). Online Teaching and Learning in Higher Education during the Coronavirus Pandemic: Students' Perspective. *Sustainability*, 12(24), 10367. doi:10.3390/su122410367
- Cooper, H. (1989). Synthesis of research on homework. *Educational Leadership*, 47(3), 85 – 91.
- Cooper, H. (1994). Homework research and policy: A review of the literature. *Newsletter*, 2(2).
- Cooper, H., Robinson, J. C., & Patall, E. A. (2006). Does homework improve academic achievement? A synthesis of research, 1987 – 2003. *Review of Educational Research*, 76(1), 1 – 62.
- Craig, R. J., & Amernic, J. H. (2006). PowerPoint presentation technology and the dynamics of teaching. *Innovative higher education*, 31(3), 147-160.
- Cummins, R. A., & Gullone, E. (2000). Why we should not use 5-point Likert scales: The case for subjective quality of life measurement. *Proceedings, Second International Conference on Quality of Life in Cities* (pp.74-93). Singapore: National University of Singapore.
- Ćukušić, M., Garača, Ž., & Jadrić, M. (2014). Online self-assessment and students' success in higher education institutions. *Computers & Education*, 72, 100-109.
- Deci, E. L., Eghrari, H., Patrick, B. C., & Leone, D. (1994). Facilitating internalization: The self determination theory perspective. *Journal of Personality*, 62, 119-142.
- Dewey, J. (1976). *The middle works, 1899-1924* (Vol. 13). SIU press.
- Dhawan, S. (2020). Online Learning: A Panacea in the Time of COVID-19 Crisis. *Journal of Educational Technology*, 49(1), 5-22.
- Doghonadze, N., Aliyev, A., Halawachy, H., Knodel, L., & Adedoyin, A.. (2020). The Degree of Readiness to Total Distance Learning in the Face of COVID-19 - Teachers' View (Case of Azerbaijan, Georgia, Iraq, Nigeria, UK and Ukraine). *Journal of Education in Black Sea Region*, 5(2). doi: <https://doi.org/10.31578/jeps.v5i2.197>
- Drijvers, P., Thurm, D., Vandervieren, E., Klinger, M., Moons, F., Van der Ree, H., Mol, A., Barzel, B., & Doorman, M. (2021). Distance mathematics teaching in Flanders,

- Germany, and the Netherlands during COVID-19 lockdown. *Educational Studies in Mathematics*, 108(1-2), 35–64. <https://doi.org/10.1007/s10649-021-10094-5>
- Dweck, C. (2006). *Mindset: The New Psychology of Success*. New York, NY: Random House
- Dziuban, C. D., Picciano, A. G., Graham, C. R., & Moskal, P. D. (2016). Conducting research in online and blended learning environments. *New Pedagogical Frontiers*.
- Elfaki, N. K., Abdurraheem, I., & Abdulrahim, R. (2019). Impact of e-learning vs traditional learning on student's performance and attitude. *International Journal of Medical Research & Health Sciences*, 8(10), 76-82.
- Elliott, E.S. & Dweck, C. S. (1988). *Journal of Personality and Social Psychology*, Vol. 54, No. 1, 5–12.
- Elmehdi, H. M., & Ibrahim, A. M. (2019). Online summative assessment and its impact on students' academic performance, perception and attitude towards online exams: University of Sharjah Study Case. In *Creative business and social innovations for a sustainable future* (pp. 211-218). Springer, Cham.
- Epstein, R. M., Siegel, D. J., and Silberman, J. (2008). Self-monitoring in clinical practice: a challenge for medical educators. *J. Contin. Educ. Health Prof.* 28, 5–13. doi: 10.1002/chp.149
- Eren, O., & Henderson, D. J. (2008). The impact of homework on student achievement. *The Econometrics Journal*, 11(2), 326-348. <https://doi.org/10.1111/j.1368-423X.2008.00244.x>
- Ertmer, P. A. (1999). Addressing first-and second-order barriers to change: Strategies for technology integration. *Educational technology research and development*, 47(4), 47-61.
- Eva, K. W., and Regehr, G. (2008). "I'll never play professional football" and other fallacies of self-assessment. *J. Contin. Educ. Health Prof.* 28, 14–19. doi: 10.1002/chp.150
- Fidalgo, P., Thormann, J., Kulyk, O., & Lencastre, J. A. (2020). Students' perceptions on distance education: A multinational study. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, doi: 10.1186/s41239-020-00194-2.
- Fitri, S., & Zahari, C. L. (2019, March). The implementation of blended learning to improve understanding of mathematics. In *Journal of physics: Conference series* (Vol. 1188, No. 1, p. 012109). IOP Publishing.
- Flores, M. A., & Gago, M. (2020). Teacher education in times of COVID-19 pandemic in Portugal: national, institutional and pedagogical responses. *Journal of Education for Teaching*, 46(4), 507-516.
- Fontana, D., & Fernandes, M. (1994). Improvements in mathematics performance as a consequence of self-assessment in Portuguese primary school pupils. *British journal of educational psychology*, 64(3), 407-417.
- Fu, J. (2013). Complexity of ICT in education: A critical literature review and its implications. *International Journal of education and Development using ICT*, 9(1), 112-125.
- Garcia, I., & Pacheco, C. (2013). A constructivist computational platform to support mathematics education in elementary school. *Computers & Education*, 66, 25-39.
- Glaserfeld, E. von (1995). A constructivist approach to teaching. In: Steffe L. P. & Gale J. (eds.) *Constructivism in education*. Erlbaum, Hillsdale: 3–15.

- Gonçalves, S.P., Sousa, M.J., Pereira, F.S. (2020). Distance Learning Perceptions from Higher Education Students—The Case of Portugal. *Education Sciences*, 10(12), 374. <https://doi.org/10.3390/educsci10120374>
- Gorder, M. L. (2008). A study of teacher perceptions of instructional technology integration in the classroom. *The Delta Pi Epsilon Journal*, 50, 63–76
- Graham, C. R., Woodfield, W., & Harrison, J. B. (2013). A framework for institutional adoption and implementation of blended learning in higher education. *The internet and higher education*, 18, 4-14.
- Gray, E., Pinto, M., Pitta, D., & Tal. D., (1999) Knowledge Construction and Diverging Thinking in Elementary & Advanced Mathematics, *Educational Studies in Mathematics*, volume 38, pages 111–133. <https://doi.org/10.1023/A:1003640204118>
- Green, S. B., & Salkind, N. J. (2008). *Using SPSS for Window and Macintosh: Analyzing and Understanding Data*. 5th ed. Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall.
- Greenhow, C., Graham, C. R., & Koehler, M. J. (2022). Foundations of online learning: Challenges and opportunities. *Educational Psychologist*, 57(3), 131-147. DOI: 10.1080/00461520.2022.2090364
- Hailikari, T., Nevgi, A., & Lindblom-Ylänne, S. (2007). Exploring alternative ways of assessing prior knowledge, its components and their relation to student achievement: A mathematics based case study. *Studies in educational evaluation*, 33(3-4), 320-337.
- Hannay, M., & Newvine, T. (2006). Perceptions of distance learning: A comparison of online and traditional learning. *Journal of Online Learning and Teaching*, 2(1), 1-11.
- Hartnett, M. (2016). *Motivation in online education*. Singapore: Springer.
- Häsä, J., Rämö, J., & Nieminen, J. H. (2021). Supporting quality of learning by letting students give their own grades: An innovative self-assessment model in university mathematics. In *Assessment as Learning* (pp. 232-243). Routledge.
- Hassan, S.u.N., Algahtani, F. D., Zrieq, R., Aldhmadi, B. K., Atta, A., Obeidat, R. M., & Kadri, A. (2021). Academic Self-Perception and Course Satisfaction among University Students Taking Virtual Classes during the COVID-19 Pandemic in the Kingdom of Saudi-Arabia (KSA). *Education Sciences*, 11(3), 134. <https://doi.org/10.3390/educsci11030134>
- Hegeman, J. S. (2015). Using instructor-generated video lectures in online mathematics courses improves student learning. *Online Learning*, 19(3), 70-87.
- Herlina, E., (2015) Advanced Mathematical Thinking and the Way to Enhance IT, *Journal of Education and Practice*, Vol.6, No.5, 2015.
- Ho, C. L., & Dzung, R. J. (2010). Construction safety training via e-Learning: Learning effectiveness and user satisfaction. *Computers & Education*, 55(2), 858-867.
- Horwitz, E. K., Horwitz, M. B., & Cope, J. (1986). Foreign language classroom anxiety. *The Modern Language Journal*, 70, 125-132.
- Huber, S. G., & Helm, C. (2020). COVID-19 and Schooling: Evaluation, Assessment and Accountability in Times of Crises—Reacting Quickly to Explore Key Issues for Policy, Practice and Research with the School Barometer. *Educational Assessment, Evaluation and Accountability*, 32(2), 237–270.
- Ilić, S. (2020). *Upotreba Informacionih Tehnologija u Nastavi-Stavovi i mišljenja Nastavnika i učenika* (Doctoral dissertation, University of Novi Sad (Serbia)).

- Insorio, A. O., & Macandog, D. M. (2022). Video lessons via YouTube channel as mathematics interventions in modular distance learning. *Contemporary Mathematics and Science Education*, 3(1), ep22001.
- Judson, E. (2006). How Teachers Integrate Technology and Their Beliefs About Learning: Is There a Connection?. *Journal of Technology and Teacher Education*, 14(3), 581-597.
- Kaplar, M. (2022). *Prepoznavanje pogrešnih shvatanja u radu sa podacima kao osnova za unapređenje matematičke pismenosti* (Doctoral dissertation, University of Novi Sad (Serbia)).
- Karal, H., Cebi, A., & Peksen, M. (2010). Student opinions about the period of measurement and evaluation in distance education: the difficulties. *Procedia Social and Behavioral Sciences* 9, 1597–1601.
- Keith, T. Z., & Cool, V. A. (1992). Testing models of school learning: Effects of quality of instruction, motivation, academic coursework, and homework on academic achievement. *School Psychology Quarterly*, 7(3), 207 – 226.
- Khan, M. L. (2017). Social media engagement: What motivates user participation and consumption on YouTube?. *Computers in human behavior*, 66, 236-247.
- Kim, G. J. (2002). Education policies and reform in South Korea. *Secondary education in Africa: Strategies for renewal*, 29-39.
- Klaeijnsen, A., Vermeulen, M., & Martens, R. (2018). Teachers' innovative behaviour: The importance of basic psychological need satisfaction, intrinsic motivation, and occupational self-efficacy. *Scandinavian Journal of Educational Research*, 62(5), 769-782.
- Kluger, A. N., and DeNisi, A. (1996). The effects of feedback interventions on performance: a historical review, a meta-analysis, and a preliminary feedback intervention theory. *Psychol. Bull.* 119, 254–284. doi: 10.1037/0033-2909.119.2.254
- Komenski, J.A. (1997) *Velika didaktika*. Beograd: Zavod za udžbenike i nastavna sredstva
- Krashen, S. (2005). The hard work hypothesis: Is doing your homework enough to overcome the effects of poverty? *Multicultural Education*, 12(4), 16 – 19.
- Kruskal, W. H., & Wallis, W. A. (1952). Use of Ranks in One-Criterion Variance Analysis. *Journal of the American Statistical Association*, 47(260), 583-621.
- Kuhn, T. S. (1970). *The structure of scientific revolutions* (2nd ed.). Chicago: University of Chicago Press.
- Kutluk, F. A., & Gulmez, M. (2012). A research about distance education students' satisfaction with education quality at an accounting program. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 46, 2733 – 2737.
- Latif, E., & Miles, S. (2011). The impact of assignments on academic performance. *Journal of Economics and Economic Education Research*, 12(3), 1 – 11.
- Lau, A. M. S. (2016). 'Formative good, summative bad?'—A review of the dichotomy in assessment literature. *Journal of Further and Higher Education*, 40(4), 509-525.
- Lazarević, V. (2005). Individualizovana nastava. *Obrazovna tehnologija*, 2(2005), 47-60.
- Lin, Y. W., Tseng, C. L., & Chiang, P. J. (2016). The effect of blended learning in mathematics course. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(3), 741-770.

- Lopez, R., and Kossack, S. (2007). Effects of recurring use of selfassessment in university courses. *Int. J. Learn.* 14, 203–216. doi: 10.18848/1447-9494/CGP/v14i04/45277
- Lorsbach, A., & Tobin, K. (1992). Constructivism as a referent for Science Teaching. *NARST Research Matters-to the Science Teacher*, 30.
- Makarova, E. (2021). Teacher-student interaction in the context of higher education. *International Scientific Conference “Delivering Impact in Higher Education Learning and Teaching: Enhancing Cross-Boarder Collaborations” (DIHELT 2021)*, 99, 1-5.
- Maloney, E., & Kim, J. (2020, April 22). 15 Fall Scenarios [Blog post]. Retrieved from <https://www.insidehighered.com/digital-learning/blogs/learning-innovation/15-fall-scenarios/>
- Martens, R., & Kirschner, P. A. (2004). Predicting intrinsic motivation. Paper presented at the meeting of the Association for Education, Community, and Technology, Chicago, IL.
- Martens, R., Bastiaens, T., & Kirschner, P. A. (2007). New Learning Design in Distance Education: The impact on student perception and motivation. *Distance Education*, 28(1), 81-93.
- McAuley, E., Duncan, T., & Tammen, V. V. (1987). Psychometric properties of the Intrinsic Motivation Inventory in a competitive sport setting: A confirmatory factor analysis. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 60, 48-58.
- McElduff, F., Cortina-Borja, M., Chan, S. K., & Wade, A. (2010). “When t-Tests or Wilcoxon-Mann-Whitney Tests Won’t Do.” *Advances in Physiology Education*, 34, 128–133.
- McElrath, K. (2020, August 26). Nearly 93% of households with school-age children report some form of distance learning during COVID-19. U.S. Census Bureau. <https://www.census.gov/library/stories/2020/08/schooling-during-the-covid-19-pandemic.html>
- Milenković, A., Takači, Đ., & Božić, R. (2022). On the influence of software application for visualization in teaching double integrals. *Interactive Learning Environments*, 30(7), 1291–1306. <https://doi.org/10.1080/10494820.2020.1719164>
- Miller, T. M., and Geraci, L. (2011). Training metacognition in the classroom: the influence of incentives and feedback on exam predictions. *Metacogn. Learn.* 6, 303–314. doi: 10.1007/s11409-011-9083-7
- Milovanović, I. (2016). Implicitne teorije inteligencije i motivacija za učenje matematike kod učenika srednjih škola. *Nastava i vaspitanje*, 65(3), 509-524.
- Milovanović, I. (2020). Math anxiety, math achievement and math motivation in high school students: Gender effects. *Croatian Journal of Education*, 22(1), 175-206.
- Milutinović, J. (2016). *Socijalni i kritički konstruktivizam u obrazovanju*. Novi Sad: Filozofski fakultet
- Mitrović, S., Božić, R., & Takači, Đ. (2022). Efficiency of blended learning of calculus content during the Covid19 crisis. *Interactive Learning Environments*, 1-15.
- Moorhouse, B. L. (2020). Adaptations to a Face-to-face Initial Teacher Education Course ‘Forced’ Online Due to the COVID-19 Pandemic. *Journal of Education for Teaching* 1–3. doi:10.1080/02607476.2020.1755205.
- Mulenga, E. M., & Marbán, J. M. (2020). Prospective Teachers’ Online Learning Mathematics Activities in The Age of COVID-19: A Cluster Analysis Approach. *Eurasia Journal of*

- Mathematics, Science and Technology Education, 16(9).
<https://doi.org/10.29333/ejmste/8345>
- Nehme, M. (2010). E-Learning and Students' Motivation. *20 Legal Education Review*, 223-239.
- Nemoto, T., & Beglar, D. (2014). Developing Likert-scale questionnaires. In N. Sonda & A. Krause (Eds.), *JALT2013 Conference Proceedings*. Tokyo: JALT.
- Núñez, J. C., Suárez, N., Rosário, P., Vallejo, G., Cerezo, R., & Valle, A. (2015). Teachers' Feedback on Homework, Homework-Related Behaviors, and Academic Achievement. *The Journal of Educational Research*, 108(3), 204 – 216.
- Ostertagová, E., Ostertag, O., & Kováč, J. (2014). Methodology and Application of the Kruskal-Wallis Test. *Applied Mechanics and Materials*, 611, 115–120.
- Palmer, S. R., & Holt, D. M. (2009). Examining student satisfaction with wholly online learning. *Journal of Computer Assisted Learning*, 25(2).
- Paulsen, M. F. (2002). Online education systems: Discussion and definition of terms. *NKI distance education*, 202, 1-8.
- Peterson, E., & Siadat, V. M. (2009). Combination of formative and summative assessment instruments in elementary algebra classes: A prescription for success. *Journal of Applied Research in the Community College*, 16(2), 19-29.
- Pintrich, P. R. (2004). A Conceptual Framework for Assessing Motivation and Self-Regulated Learning in College Students. *Educational Psychology Review*. 16 (4), 385–407. DOI: 1040-726X/04/1200-0385/0.
- Pсотka, J. (2022). Exemplary online education: For whom online learning can work better. *Interactive Learning Environments*, 30(2), 199–201. <https://doi.org/10.1080/10494820.2022.2031065>
- Raaijmakers, S. F., Baars, M., Schapp, L., Paas, F., van Merriënboer, J., and van Gog, T. (2017). Training self-regulated learning with video modeling examples: do task-selection skills transfer? *Instr. Sci.* 46, 273–290. doi: 10.1007/s11251-017-9434-0
- Radović, S., Firsova, O., Hummel, G. K. H., & Vermeulen, M. (2020): Strengthening the ties between theory and practice in higher education: an investigation into different levels of authenticity and processes of re- and de-contextualisation, *Studies in Higher Education*, doi: 10.1080/03075079.2020.1767053
- Radović, S., Firsova, O., Hummel, H. G., & Vermeulen, M. (2023). The case of socially constructed knowledge through online collaborative reflection. *Studies in Continuing Education*, 45(2), 168-187.
- Radulović, L. R., Stančić, M., & Bulatović, M. M. (2019). Strategije učenja i postignuće učenika-iskustvo jednog obrazovnog programa. *Inovacije u nastavi*, 32(1), 1-15.
- Rakes, G. C., Fields, V. S. & Cox, K. E. (2006). The Influence of Teachers' Technology Use on Instructional Practices. *Journal of Research on Technology in Education*, 38(4), 409-424.
- Renaud-Dubé, A., Guay, F., Talbot, D., Taylor, G., & Koestner, R. (2015). The relations between implicit intelligence beliefs, autonomous academic motivation, and school persistence intentions: a mediation model. *Social Psychology of Education*, 18, 255-272.

- Ryan, R. M. (1982). Control and information in the intrapersonal sphere: An extension of cognitive evaluation theory. *Journal of Personality and Social Psychology*, 43, 450-461.
- Ryan, R. M., & Deci, E.L. (2000). Intrinsic and Extrinsic Motivations: Classic Definitions and new Directions. *Contemporary Educational Psychology*, 25, 54–67.
- Sakova, T. G., & Chevereva, S. A. (2021). Fundamentals of Choosing an LMS Platform for Distance Learning. In *Digital Economy and the New Labor Market: Jobs, Competences and Innovative HR Technologies* (pp. 348-353). Springer International Publishing.
- Sanchez, C. E., Atkinson, K. M., Koenka, A. C., Moshontz, H., and Cooper, H. (2017). Self-grading and peer-grading for formative and summative assessments in 3rd through 12th grade classrooms: a meta-analysis. *J. Educ. Psychol.* 109, 1049–1066. doi: 10.1037/edu0000190
- Schunk, D. H., & Usher, E. L. (2012). Social cognitive theory and motivation. In R. M. Ryan (Ed.), *The Oxford handbook of human motivation* (pp. 13-27). Oxford, UK: Oxford University Press.
- Schunk, D. H., Meece, J. L., & Pintrich, P. R. (2014). *Motivation in education: Theory, research, and applications* (4th ed.). Boston, MA: Pearson.
- Seaman, J. E., Allen, I. E., & Seaman, J. (2018). *Grade increase: Tracking distance education in the United States*. Babson Survey Research Group.
- Serhan, D. (2020). Transitioning from face-to-face to remote learning: Students' attitudes and perceptions of using Zoom during COVID-19 pandemic. *International Journal of Technology in Education and Science (IJTES)*, 4(4), 335-342.
- Setyaningrum, W. (2018). Blended Learning: Does it help students in understanding mathematical concepts?. *Jurnal Riset Pendidikan Matematika*, 5(2), 244-253.
- Sharma, R., Jain, A., Gupta, N., Garg, S., Batta, M., & Dhir, S. K. (2016). Impact of self-assessment by students on their learning. *International Journal of Applied and Basic Medical Research*, 6(3), 226.
- Sharma, S., & Sarkar, P. (2020). Efficiency of Blended Learning in reduction of Anxiety: with special reference to High School Students. *International Journal of Grid and Distributed Computing*, 13(1), 277-285.
- Shroff, R. H., Vogel, D., Coombes, J., & Lee, F. (2007). Student e-learning intrinsic motivation: A qualitative analysis. *Communications of the Association for Information Systems*, 2007(19), 241-260.
- Sjoberg, S. (2010). Constructivism and learning. In: Baker, E.; McGaw, B. & Peterson P (Eds.), *International encyclopaedia of education*, 3rd Edition (pp. 485-490). Elsevier: Oxford.
- Skemp, R. R. (1976). Relational understanding and instrumental understanding. *Mathematics Teaching*, 77, 20-26.
- Snelson, C. (2011). "YouTube Across the Disciplines: A Review of the Literature". *MERLOT Journal of Online Learning and Teaching*, 7(1), 159-169.
- Songsirisak, P., & Jitpranee, J. (2019). IMPACT OF HOMEWORK ASSIGNMENT ON STUDENTS'LEARNING. *Journal of Education Naresuan University*, 21(2), 1-19.
- Sternberg, R. J. (1990). *Metaphors of Mind: Conceptions of the Nature of Intelligence*. Cambridge University Press.

- Stevanović, A., Božić, R., & Radović, S. (2021). Higher education students' experiences and opinion about distance learning during the Covid-19 pandemic. *Journal of Computer Assisted Learning*, 37(6), 1682–1693 <https://doi.org/10.1111/jcal.12613>
- Stevanović, A., Božić, R., & Štrboja, M. (2023). Impact of learning environments on students' achievements in Calculus contents before and during Covid-19 crises. *Interactive Learning Environments* (accepted) DOI: 10.1080/10494820.2023.2228828
- Stevanović, A., Nikolić, R., & Milić, M.R. (2021) Experiences and opinions of higher education students about remote learning during the Covid-19 pandemic. *Proceedings of The 12th International Conference on eLearning (eLearning-2021)*, pp.86-91, Belgrade, Serbia, 23-24 September 2021
- Sutton-Brady, C. (2021). Zooming through a pandemic: A covid-19 approach to teaching. *Marketing Education Review*, 31(3), 256-261.
- Szabo, A., & Hastings, N. (2000). Using IT in the undergraduate classroom: should we replace the blackboard with PowerPoint?. *Computers & education*, 35(3), 175-187.
- Taber, K. S. (2011). Constructivism as educational theory: contingency in learning, and optimally guided instruction. In: Hassaskhan J. (Eds.), *Educational theory* (pp. 39-61). New York: Nova Science Publishers, Hauppauge.
- Taber, K. S. (2017). The nature of student conceptions in science. In *Science education* (pp. 119-131). SensePublishers, Rotterdam.
- Taber, K. S. (2018). The use of Cronbach's Alpha When Developing and Reporting Research Instruments in Science Education. *Research in Science Education*, 48, 1273–1296.
- Takači, Dj., Pešić, D., & Tatar, J., (2006) On the continuity of functions, *International journal of Mathematics education, Sciences and Technology*, Vol 37, 7, 783-791, Taylor and Francis.
- Takači, Dj., Stankov, G., & Milanovic, I. (2015). Efficiency of learning environment using GeoGebra when calculus contents are learned in collaborative groups. *Computers and Education*, Vol. 82, 421-431.
- Tall, D. (1992). The Transition to Advanced Mathematical Thinking: Functions, Limits, Infinity, and Proof. In Grouws D.A. (Eds.) *Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning* (pp. 495– 511). New York: Macmillan.
- Tall, D. (1993). Students' difficulties in calculus. In *proceedings of working group* (Vol. 3, pp. 13-28).
- Tall, D. (1995), Mathematical growth in elementary and advanced mathematical thinking, in Meira, L., and Carraher, D. (Eds.), *Proceedings of The 19th conference of the international group for the psychology of mathematics education, Re_ce, Brazil*, Vol. 1, pp. 61-75.
- Tall, D. (2003). Using technology to support an embodied approach to learning concepts in mathematics. *Historia e tecnologia no Ensino da Matemática*, 1, 1-28. I left out the end "da Matemática, 1, 1-28."
- Tall, D. (2005). A theory of mathematical growth through embodiment, symbolism and proof, *Plenary Lecture for the International Colloquium on Mathematical Learning from Early Childhood to Adulthood*, Belgium, 5-7 July 2005.
- Tall, D. (2009). Dynamic mathematics and the blending of knowledge structure in the calculus. *ZDM-The international Journal on Mathematical Education*, 41(4), 481-492.

- Tall, D. (2011). A Sensible approach to the Calculus. Handbook Calculus and its teaching. Ed. F. Pluminage and A. Cuevas.
- Tall, D., (1997), Functions and calculus, in A. J. Bishop et al (Eds.), International Handbook of Mathematics Education, 289-325, Dordrecht, Kluwer.
- Tall, D., Vinner, S., (1981) Concept image and concept definition in mathematics with particular reference to limits and continuity, Educational Studies in Mathematics, 12, 151-169.
- Taras, M. (2005). Assessment—summative and formative—some theoretical reflections. *British journal of educational studies*, 53(4), 466-478.
- Thyer, B. A. (2012). *Quasi-experimental research designs*. Oxford University Press.
- Totpas, V., & Oztop, F. (2021). Primary school teachers' views on learning deficiencies in mathematics lessons in the process of distance education. *Eğitim Kuram ve Uygulama Araştırmaları Dergisi*, 7(3), 373-391
- Trautwein, U., Köller, O., Schmitz, B., & Baumert, J. (2002). Do homework assignments enhance achievement? A multilevel analysis in 7th-grade mathematics. *Contemporary Educational Psychology*, 27, 26 – 50.
- Tseng, H., & Walsh, E. J. (2016). Blended vs. Traditional Course Delivery: Comparing Students' Motivation, Learning Outcomes, and Preferences. *Quarterly Review of Distance Education*, 17(1).
- van Reybroeck, M., Penneman, J., Vidick, C., and Galand, B. (2017). Progressive treatment and self-assessment: Effects on students' automatisations of grammatical spelling and self-efficacy beliefs. *Read. Writing* 30, 1965–1985. doi: 10.1007/s11145-017-9761-1
- Vanslambrouck, S., Zhu, C., Lombaerts, K., Philipsen, B., & Tondeur, J. (2018). Students' motivation and subjective task value of participating in online and blended learning environments. *Internet and Higher Education*, 36, 33–40.
- Vinner, S. & Dreyfus, T. (1989). Images and definitions for the concept of function. *Journal for Research in Mathematics Education*, 20(4), 356-366.
- Vinner, S. (1982). Conflicts between definitions and intuitions the case of the tangent, *Proceedings of the 6th International Conference of P.M.E., Antwerp*, 24 28.
- Vinner, S. (1991). The role of definitions in the teaching and learning of mathematics, in *Advanced Mathematical Thinking*, 2nd ed., D. Tall, ed., Kluwer, Dordrecht, pp. 65 81.
- Von Glasersfeld, E. (1995). *Radical constructivism: A way of knowing and learning*. Washington, DC: Falmer Press.
- Von Glasersfeld, E. (2013). *Radical constructivism* (Vol. 6). Routledge.
- Vulfolk, A., Hjuž, M. & Volkap, V. (2006). *Psihologija u obrazovanju II*. Beograd: Clio.
- Wotto, M. (2020). The Future High Education Distance Learning in Canada, the United States, and France: Insights from Before COVID-19 Secondary Data Analysis. *Journal of Educational Technology*, 46(2), 262-281.
- Wu, Y. (2016). Factors impacting students' online learning experience in a learner-centred course. *Journal of Computer Assisted Learning*, 32(5), 416-429.
- Xie, C., Wang, M., & Hu, H. (2018). Effects of constructivist and transmission instructional models on mathematics achievement in Mainland China: A meta-analysis. *Frontiers in psychology*, 9, 1923.

- Zakon o visokom obrazovanju („Sl. glasnik RS“, br. 88/2017, 73/2018, 27/2018 – dr. zakon, 67/2019, 6/2020 – dr. zakoni, 11/2021 – autentično tumačenje, 67/2021 i 67/2021 – dr. zakon)
- Zimmerman, B. J. (1990). Self-regulated Learning and Academic Achievement: An Overview. *Educational Psychologist*. 25 (1), 3–17. DOI: 10.1207/s15326985ep2501_2.
- Zimmerman, B. J. (2008). Investigating Self-Regulation and Motivation: Historical Background, Methodological Developments, and Future Prospects. *American Educational Research Journal*. 45 (1), 166–183. DOI: 10.3102/0002831207312909.
- Zimmerman, B. J., and Schunk, D. H. (2011). “Self-regulated learning and performance: an introduction and overview,” in *Handbook of Self-Regulation of Learning and Performance*, eds B. J. Zimmerman and D. H. Schunk (New York, NY: Routledge), 1–14.
- Zobenica, M., & Oparnica, L. (2018). Neke komponente samoregulacije tokom učenja matematike kod studenata Pedagoškog fakulteta u Somboru. *Inovacije u nastavi*, 36(1), 90-102.
- Божих, М. (2002). *Преглед историје и филозофије математике*. Завод за уџбенике и наставна средства.
- Вилотијевић, Младен (1999). *Дидактика 3*. Учитељски факултет.
- Завод за вредновање квалитета образовања и васпитања ОПШТИ СТАНДАРДИ ПОСТИГНУЋА – ОБРАЗОВНИ СТАНДАРДИ ЗА КРАЈ ПРВОГ ЦИКЛУСА ОБАВЕЗНОГ ОБРАЗОВАЊА МАТЕМАТИКА Београд, 2011
- ЗУОВ (15. април 2020.) Онлајн самопроцена знања малих матураната. Извор: <https://zuov.gov.rs/onlajn-samoprocena-znanja-malih-maturanata/>
- Илић, В. (2015). Информационо-комуникациона технологија као фактор подизања квалитета наставе ликовне културе (Doctoral dissertation, докторска дисертација. Београд: Учитељски факултет).
- Маричић, М., Игњатовић, М., и Јеремић, В. (2022). *Модели статистичког учења*. Академска мисао.
- Национални просветни савет Републике Србије, (2013). Смернице за унапређивање улоге информационо-комуникационих технологија у образовању.
- Национални просветни савет, ОБРАЗОВАЊЕ У СРБИЈИ: КАКО ДО БОЉИХ РЕЗУЛТАТА (<http://www.nps.gov.rs/wp-content/uploads/2011/02/PRAVCI-srpski-A4.pdf>)
- Одлука о обустави извођења наставе у високошколским установама, средњим и основним школама и редовног рада установа предшколског васпитања и образовања (2020). Београд: Службени гласник РС, бр. 30/2020
- Петковић, О., и Марић, М. (2015). Видео материјали у настави математике. VI симпозијум Математика и примене (16. и 17. октобар 2015), зборник радова, 110 – 115.
- Правилник о општим стандардима постигнућа за крај општег средњег образовања и средњег стручног образовања и васпитања у делу општеобразовних предмета (2013). Београд: Сл. гласник РС, бр. 117/2013

- Правилник о оцењивању ученика у основном образовању и васпитању (2019). Београд: Службени гласник РС, бр. 34/2019, 59/2020 и 81/2020
- Правилник о оцењивању ученика у средњем образовању и васпитању (2015). Београд: Службени гласник РС, бр. 82/2015, 59/2020
- Станојевић, Д. (ур.) (2010). Образовни стандарди за крај обавезног образовања за наставни предмет Математика. Београд: Министарство просвете Републике Србије, Завод за вредновање квалитета образовања и васпитања.
- Стратегија развоја дигиталних вештина у Републици Србији за период од 2020. до 2024. године ("Сл. гласник РС", бр. 21/2020 – „Службени гласник РС”, бр. 21 од 6. марта 2020, 8 од 3. фебруара 2023.)
- Стратегија развоја информационог друштва у Републици Србији до 2020. године „Службени гласник РС“, број 51 од 27. јула 2010. ???
- Стратегија развоја образовања и васпитања у Републици Србији до 2030. године, Службени гласник РС, бр. 63/2021.

Прилог

Анкетни упитник – Настава на даљину у време пандемије Ковид-19

Овај упитник је анониман. Замолићемо Вас да искрено одговарате на постављена питања.

Услед пандемије корона вируса сви смо били принуђени да променимо и прилагодимо радне навике. Како се комплетна комуникација и настава одвијала онлине, на даљину, путем Интернета, новонастали начин рада ћемо назвати “Настава на даљину”. Сва питања из овог упитника се односе на Ваш став, мотивацију, задовољство и значај наставе на даљину. Ваши одговори ће бити коришћени искључиво у научне сврхе.

1. део – Опште информације о студентима

Студент сам факултета: (понуђени одговори)	<ul style="list-style-type: none">• Природно-математичког факултета Универзитета у Новом Саду (ПМФ УНС)• Факултета информационих технологија Универзитета Метрополитан (ФИТ УМ)• Факултета за менаџмент Универзитета Метрополитан (ФАМ УМ)• Факултета дигиталних уметности Универзитета Метрополитан (ФДУ УМ)	
	<i>Ако студент изабере било који факултет са УМ добија следеће питање:</i> Облик наставе који похађам: (понуђени одговори)	<ul style="list-style-type: none">• Традиционална настава• Онлине настава• Хибридна настава
Пол (понуђени одговори)	<ul style="list-style-type: none">• мушки• женски	
Година студија (понуђени одговори)	<ul style="list-style-type: none">• Прва• Друга• Трећа• Четврта	
Просечна оцена (понуђени одговори)	<ul style="list-style-type: none">• у интервалу [6,7)• у интервалу [7,8)• у интервалу [8,9)• у интервалу [9,10]	

2. део – отворена питања и питања где студенти бирају понуђене одговоре

Настава на даљину подразумева све облике учења и наставе која је реализована путем Интернета у време епидемије (дакле: Интерактивни наставни материјали за е-учење који користе платформе ЛАМС, Моодле и друге; Онлајн видео предавања преко Интернета која сте пратили уживо уз помоћ алата Зоом, Скупе, Вебех Меетингс и других; Power Поинт презентације; различити софтвери специфични за одређене предмете и друго).

Традиционална настава је настава која се одржава у просторијама универзитета, и која се одвија у складу са усвојеним распоредом наставе, дакле настава која је реализована у периоду пре епидемије.

Хибридна настава је комбинација наставе на даљину за предавања и класичне наставе за вежбе (примењује се нанеким програмима Центра УМ у Нишу).

У одређеним питањима у фуснотама ће стајати горе наведене дефиниције тј оне које се јављају у питању.

Да можеш да бираш, који начин наставе би изабрао/ла?	<ul style="list-style-type: none">• Наставу на даљину• Традиционалну наставу• Хибридную наставу
Означи додатне изворе знања које си користио/ла поред онлине видео предавања: (можете заокружити више одговора)	<ul style="list-style-type: none">• Добио/ла сам више него да сам ишао/ла на факултет• Добио/ла сам мање него да сам ишао/ла на факултет• Редовна настава је незаменљива• Недостајала ми је “жива реч”• Недостајале су ми колеге и колегинице.• Недостајао ми је одлазак на факултет• Далеко ми је лакше да присуствујем овако организованој настави него да идем на факултет.• Није ми било јасно предавање као у редовној настави (када физички чујем и видим професора/асистента)• Овакав вид наставе ми више одговара него традиционална настава.• Очекујем да ћу након наставе на даљину положити испит(е)• Било ми је досадно• Било ми је занимљиво• Није држало моју пажњу у потпуности• Нисам могао/ла да се сконцентришем у кућним условима• Пријала ми је настава на даљину• Настава на даљину ми је била веома напорна

Које су предности наставе на даљину?	Отворено питање
Који су недостаци (мане) наставе на даљину?	Отворено питање

3. део – питања која се оцењују

За сваку од следећих изјава наведите колико је тачна у Вашем случају, на скали од 1 до 6.

- 1 - Потпуно нетачно
- 2 - Нетачно
- 3 - Делимично нетачно
- 4 - Делимично тачно
- 5 - Тачно
- 6 - Потпуно тачно

Уложио/ла сам доста труда у наставу на даљину.	1	2	3	4	5	6
Верујем да је настава на даљину делотворнија од традиционалне наставе.	1	2	3	4	5	6
Мислим да традиционална настава даје боље резултате од наставе на даљину.	1	2	3	4	5	6
Настава на даљину је у потпуности задовољила моје потребе за учењем.	1	2	3	4	5	6
Настава на даљину не може да замени традиционалну наставу у учионици.	1	2	3	4	5	6
Мислим да је настава на даљину досадна.	1	2	3	4	5	6
Пријала ми је настава на даљину.	1	2	3	4	5	6
Настава на даљину ми је била веома напорна.	1	2	3	4	5	6
Описао/ла бих наставу на даљину као веома занимљиву.	1	2	3	4	5	6
Настава на даљину није држала моју пажњу у потпуности.	1	2	3	4	5	6
Очекујем да ћу након наставе на даљину положити испит.	1	2	3	4	5	6
У потпуности бих прешао/ла на учење на даљину.	1	2	3	4	5	6

И закрај, Ваш коментар (похвала/критика) на организацију и реализацију рада факултета у време епидемије?	Отворено питање
--	-----------------

Преглед табела

Табела 1. Демографски подаци.....	38
Табела 2. Приказ реализације и праћења наставе групе 1 (школске 2019/20. године)...	41
Табела 3. Приказ радних обавеза студената групе 1 и начин њихове реализације школске 2019/20. године.....	54
Табела 4. Приказ реализације и праћења наставе групе 2 (школске 2020/21. године)...	68
Табела 5. Приказ радних обавеза студената групе 2 (школске 2020/21. године) и начин њихове реализације.....	71
Табела 6. Анализа постигнућа студената између групе 1 (школске 2019/20. године) и групе 2 (школске 2020/21. године).....	73
Табела 7. Анализа постигнућа традиционалне, онлајн и комбиноване подгрупе студената групе 1 (школске 2019/20. године).....	73
Табела 8. Анализа постигнућа традиционалне, онлајн и комбиноване подгрупе студената групе 2 (школске 2020/21. године).....	74
Табела 9. Анализа постигнућа између онлајн подгрупа студената групе 1 (школске 2019/20. године) и групе 2 (школске 2020/21. године).....	74
Табела 10. Анализа постигнућа између комбинованих подгрупа студената групе 1 (школске 2019/20. године) и групе 2 (школске 2020/21. године).....	75
Табела 11. Анализа постигнућа између традиционалних подгрупа студената групе 1 (школске 2019/20. године) и групе 2 (школске 2020/21. године).....	76
Табела 12. Резултати са завршног испита студената традиционалних подгрупа групе 1 (школске 2019/20. године) и групе 2 (школске 2020/21. године).....	87
Табела 13. Демографски подаци.....	96
Табела 14. Анализа повезаности године студија са мотивацијом студената.....	98
Табела 15. Анализа повезаности просека оцена са мотивацијом студената.....	99
Табела 16. Анализа повезаности окружења за учење са мотивацијом студената	100
Табела 17. Повезаност универзитета са мотивацијом студената	100
Табела 18. Утисци студената о учењу на даљину.....	101
Табела 19. Утисци студената о учењу на даљину у зависности од наставног окружења	102
Табела 20. Спепарманове корелације ранг-реда (N= 832).....	107

Преглед слика

Слика 1. Приступ LAMS платформи за учење	41
Слика 2. Радно окружење курса (са наставним материјалом) на LAMS платформи за учење	42
Слика 3. Пример лекције из приручника за студенте – уводни део (.pdf наставни материјал).....	42
Слика 4. Пример лекције из приручника за студенте – теоријски део са примерима (.pdf наставни материјал)	43
Слика 5. Пример лекције из приручника за студенте - вежбе (.pdf наставни материјал)	43
Слика 6. Пример лекције из приручника за студенте – задаци за вежбу (.pdf наставни материјал).....	44
Слика 7. Пример лекције - PowerPoint презентација	44
Слика 8. Пример лекције из интерактивног наставног материјала – мапа ума лекције. 45	
Слика 9. Пример лекције из интерактивног наставног материјала – теоријски део	46
Слика 10. Пример лекције из интерактивног наставног материјала – отворено питање	46
Слика 11. Пример лекције из интерактивног наставног материјала – понуђени одговори	47
Слика 12. Пример лекције из интерактивног наставног материјала – показне вежбе ...	47
Слика 13. Пример лекције из интерактивног наставног материјала – показне вежбе (видео снимак).....	48
Слика 14. Пример решења једног домаћег задатка (традиционални студент)	49
Слика 15. Пример решења једног дела колоквијума (традиционални студент).....	50
Слика 16. Почетна страна теста - онлајн колоквијума за студенте онлајн наставног окружења	51
Слика 17. Примери задатака са онлајн колоквијума (са временским ограничењем и повратном информацијом за студента)	53
Слика 18. Пример студентских С1 (горе) и С2 (доле) одговора (решења 1. а) задатка) 56	
Слика 19. Пример студентског С3 одговора (решење 1. задатка).....	56
Слика 20. Пример студентског С4 одговора (решење 1. задатка).....	57
Слика 21. Пример студентског С5 одговора (решење 1. б) и в) задатка)	58
Слика 22. Пример студентског С6 одговора (решење 1. в) и б) задатка)	59

Слика 23. Пример студентског С7 одговора (решење 1. г) задатка).....	59
Слика 24. Пример студентског С8 одговора (решење 2. задатка).....	61
Слика 25. Пример студентског С9 одговора (решење 2. задатка).....	62
Слика 26. Пример студентског С10 одговора (решење 3. задатка).....	65
Слика 27. Пример студентског С11 одговора (решење 3. задатка).....	66
Слика 28. Пример студентског С12 одговора (решење 3. задатка).....	67
Слика 29. Пример видео материјала (интерактивни наставни материјали преко LAMS платформе)	69
Слика 30. Пример теста за самопроцену (интерактивни наставни материјали преко LAMS платформе).....	69
Слика 31. Пример видео часа са традиционалним студентима.....	70
Слика 32. Рад студента СК1 (1.део)	77
Слика 33. Рад студента СК1 (2. део)	77
Слика 34. Рад студента СК2	78
Слика 35. Рад студента СК3	79
Слика 36. Рад студента СК4	79
Слика 37. Рад студента СК5	81
Слика 38. Рад студента СК6	81
Слика 39. Рад студента СЕ1 (1. део).....	82
Слика 40. Рад студента СЕ1 (2. део).....	83
Слика 41. Рад студента СЕ2 (1. део).....	84
Слика 42. Рад студента СЕ2 (2. део).....	84
Слика 43. Рад студента СЕ3.....	85
Слика 44. Рад студента СЕ4.....	86
Слика 45. Дистрибуција студентских утисака о учењу на даљину према години студија	103
Слика 46. Дистрибуција студентских утисака о учењу на даљину према наставном окружењу.....	104

Биографија



Александра Стевановић рођена је 13. новембра 1987. године у Крушевцу. Основну школу завршава у Стопањи, а потом уписује Гимназију у Трстенику. Математички факултет Универзитета у Београду уписује 2006. године, а 2011. стиче звање дипломирани математичар. Мастер академске студије завршава на истом факултету 2012. године са просечном оценом 10, где брани мастер рад под називом „Визуелизација геометријских трансформација углова и троуглова коришћењем програмског пакета ГеоГебра“ и стиче звање мастер математичара. Током 2016. уписује докторске студије на Природно-математичком факултету Универзитета у Новом Саду.

Крајем 2011. године почиње да ради као наставник математике у Основној школи „Борислав Пекић“ у Београду, након тога ради као професор/наставник математике и информатике и рачунарства у неколико основних и средњих школа у Београду. Од 2017. године ради у ОШ „Васа Чарапић“ као наставник математике. Године 2016. на Факултету информационах технологија, Универзитета Метрополитан у Београду, бирана је у звање асистента, а затим 2019. године и реизабрана у исто звање, за ужу научну област Математика. Ангажована је на предметима: Математика 1, Математика 2, Математичка анализа, Линеарна алгебра, Основе пословне математике и Вероватноћу и статистику. У периоду од 2011. до 2016. похађа велики број курсева, обука и семинара стручног усавршавања из области образовања и укључује се у пројекте везане за креирање интерактивних наставних материјала. У периоду од 2014. до 2021. учествовала је у два интернационална пројекта: „Mathematics of the Future: Understanding and Application of Mathematics with the help of Technology“ и „Visuality & Mathematics: Experiential Education of Mathematics through Visual Art, Sciences and Playful Activities“ где се бави развојем и проучавањем дигиталних технологија у настави математике. Током 2023. године стиче лиценцу Министарства просвете, науке и технолошког развоја за самостално обављање образовно-васпитног рада у оквиру своје струке. Александра је аутор и коаутор више научних радова представљених на домаћим и међународним конференцијама као и радова објављених у домаћим и међународним научним часописима.

Радови објављени у домаћим и међународним научним часописима

Референца	Категорија
Stevanović, A., Božić, R., & Štrboja, M. (2023). Impact of learning environments on students' achievements in Calculus contents before and during Covid-19 crises. <i>Interactive Learning Environments</i> . (accepted) DOI: 10.1080/10494820.2023.2228828	M21a

Stevanović, A., Božić, R., & Radović, S. (2021). Higher education students' experiences and opinion about distance learning during the Covid-19 pandemic. Journal of Computer Assisted Learning. https://doi.org/10.1111/jcal.12613	M21
Radović S., Stevanović A., Radojičić M., Marić M. (2013). Interactive presentation of the area of geometry figures applying the program package GeoGebra. Teaching innovations, 26(3), 135–145.	M52

Радови представљени на конференцијама штампани у целини

Референца	Категорија
Stevanović, A., Nikolić, R., & Milić, M.R. (2021) Experiences and opinions of higher education students about remote learning during the Covid-19 pandemic. Proceedings of The 12th International Conference on eLearning (eLearning-2021), pp.86-91, Belgrade, Serbia, 23-24 September 2021 https://www.metropolitan.ac.rs/files/2021/10/Proceedings-12th-International-Conference-on-e-Learning-2021.pdf	M33
Radovic, S., Jezdimirović, J., Radojičić, M., Stevanović, A. (2014). Modernization of Mathematics Education: Development of Interactive Educational Platforms. Proceedings of the 10th International Scientific Conference, eLearning and Software for Education, Issue 2, 411-416. DOI: 10.12753/2066-026x-14-118.	M33
Stevanović A., Arsić A., Radojičić M., Radović, S. (2013). Educational material in a form of digital classes used as an innovative approach in the teaching process of mathematics. Annual conference Mathematics, Informatics and Physics, 18–20. October 2013., University of Ruse "Angel Kanchev", 52(6.1), 16– 20. ISSN 1311-3321.	M33
Радовић, С., Радојичић, М., Стевановић, А., Арсић А. (2013). Планирање педагошких активности везаних за наставу математике, коришћењем интерактивне платформе „Домаћи задатак“. Зборник радова Међународног симпозијума-Технологија, информатика и образовање – стање, проблеми, циљеви и могућности, промене и перспективе, 7(1), 353-367.	M33
Radojičić, M., Radović, S., Stevanović, A. (2013). Computers in the classroom-motivation and advantages for creating and using interactive teaching material. Proceedings of the 4th International Educational Sciences Conference Cluj-Napoca, 493-502. ISBN 978-973- 0-16341-4.	M33

Саопштења на домаћим и међународним конференцијама штампана у изводу

Референца	Категорија
Такачи, А., Такачи, Ђ., Николић, Р., Стевановић. А. (2022) Настава Математике у будућности— blended learning Државни семинар о настави математике и рачунарства, Београд, 22-23. јануар 2022. https://dms.rs/wp-content/uploads/2022/02/BILTEN-SEMINARA-2022.pdf	М64

Остало

Референце	Категорија
Stevanović, A., Božić, R. & Radović, S. (2021), Cover Image. Journal of Computer Assisted Learning, 37: C1-C1. https://doi.org/10.1111/jcal.12627 <i>*The cover image is based on the Special Issue Article Higher education students' experiences and opinion about distance learning during the Covid-19 pandemic by Aleksandra Stevanović et al., https://doi.org/10.1111/jcal.12613.</i>	
Wiley Certificate for the top downloaded article “Higher education students' experiences and opinion about distance learning during the Covid-19 pandemic” published in Journal of Computer Assisted Learning* <i>*Among work published in an issue between 1 January 2021 – 31 December 2021, yours received some of the most downloads in the 12 months following</i>	

Овај Образац чини саставни део докторске дисертације, односно докторског уметничког пројекта који се брани на Универзитету у Новом Саду. Попуњен Образац укоричити иза текста докторске дисертације, односно докторског уметничког пројекта.

План третмана података

Назив пројекта/истраживања
Утицај наставног окружења на математичка постигнућа студената
Назив институције/институција у оквиру којих се спроводи истраживање
а) Факултет информационих технологија, Универзитет Метрополитан Београд б) Природно-математички факултет, Универзитет у Новом Саду
Назив програма у оквиру ког се реализује истраживање
Докторска дисертација под насловом „Утицај наставног окружења на математичка постигнућа студената“
1. Опис података
<p>1.1 Врста студије</p> <p><i>Укратко описати тип студије у оквиру које се подаци прикупљају</i> Докторске академске студије методике наставе математике. У докторској дисертацији проучавани су и коришћени извори података (домаћа и страна литература) у оквиру које се дефинише проблематика спроведених истраживања. Истраживања су реализована у периоду од 2019. до 2021. године.</p> <p>1) Истраживање 1 је рађено у циљу испитивања и идентификације тренутног стања (у којој мери испитаници исправно интерпретирају стечена знања из математике) као и откривања потенцијалних когнитивних конфликата како би се радило на њиховом превазилажењу и унапређењу наставног окружења и наставних материјала.</p> <p>2) Истраживање 2 испитује да ли су демографске карактеристике студената утицале на њихову перцепцију о димензијама мотивације (труд(напор)/важност, вредност/корисност и интересовање/уживање). Разматра се и испитивање свести студената (позитивне и негативне аспекте) о образовним променама и модификацијама које нису добро познате, као и о недостатку емпиријских доказа у савременој литератури. Истраживање има за циљ да допринесе том разумевању истражујући перцепцију студената.</p> <p>Учествовање у истраживању је било добровољно и анонимно. Прикупљени подаци су систематизовани и статистички обрађени у статистичком програмском пакету SPSS (верзија 23.4).</p>
1.2 Врсте података а) квантитативни б) квалитативни
1.3. Начин прикупљања података

а) анкете, упитници, тестови

б) клиничке процене, медицински записи, електронски здравствени записи

в) генотипови: навести врсту

г) административни подаци: база података Универзитета Метрополитан

д) узорци ткива: навести врсту

ђ) снимци, фотографије: навести врсту _____

е) текст, навести врсту _____

ж) мапа, навести врсту _____

з) остало: описати _____

1.3 Формат података, употребљене скале, количина података

1.3.1 Употребљени софтвер и формат датотеке:

а) Excel фајл, датотека .xlsx

б) SPSS фајл, датотека .sav

в) PDF фајл, датотека .pdf

д) Текст фајл, датотека .docx

е) JPG фајл, датотека .jpg

ф) Остало, датотека _____

1.3.2. Број записа (код квантитативних података)

а) број варијабли: једна

б) број мерења (испитаника, процена, снимака и сл.) укупно 1030 (198+832) испитаника

1.3.3. Поновљена мерења

а) да

б) не

Уколико је одговор да, одговорити на следећа питања:

а) временски размак између поновљених мера је _____

б) варијабле које се више пута мере односе се на _____

в) нове верзије фајлова који садрже поновљена мерења су именоване као _____

Напомене: _____

Да ли формати и софтвер омогућавају дељење и дугорочну валидност података?

а) Да

б) Не

Ако је одговор не, образложити _____

2. Прикупљање података

2.1 Методологија за прикупљање/генерисање података

2.1.1. У оквиру ког истраживачког нацрта су подаци прикупљени?

а) експеримент, навести тип квази-експериментално истраживање

б) корелационо истраживање, навести тип _____

ц) анализа текста, навести тип _____

д) остало, навести шта анкетно истраживање

2.1.2 Навести врсте мерних инструмената или стандарде података специфичних за одређену научну дисциплину (ако постоје).

2.2 Квалитет података и стандарди

2.2.1. Третман недостајућих података

а) Да ли матрица садржи недостајуће податке? Да **Не**

Ако је одговор да, одговорити на следећа питања:

- а) Колики је број недостајућих података? _____
б) Да ли се кориснику матрице препоручује замена недостајућих података? Да **Не**
в) Ако је одговор да, навести сугестије за третман замене недостајућих података

2.2.2. На који начин је контролисан квалитет података? Описати

Квалитет података је контролисан и евалуиран на основу статистичке анализе резултата. Прикупљени подаци су систематизовани и статистички обрађени у статистичком програмском пакету SPSS (верзија 23.4).

2.2.3. На који начин је извршена контрола уноса података у матрицу?

3. Третман података и пратећа документација

3.1. Третман и чување података

3.1.1. Подаци ће бити депоновани у Репозиторијум докторских дисертација на Универзитету у Новом Саду.

3.1.2. URL адреса <https://cris.uns.ac.rs/searchDissertations.jsf>

3.1.3. DOI _____

3.1.4. Да ли ће подаци бити у отвореном приступу?

- а) **Да**
б) Да, али после ембарга који ће трајати до _____
в) **Не**

Ако је одговор не, навести разлог _____

3.1.5. Подаци неће бити депоновани у репозиторијум, али ће бити чувани.
Образложење

3.2 Метаподаци и документација података

3.2.1. Који стандард за метаподатке ће бити примењен?

3.2.1. Навести метаподатке на основу којих су подаци депоновани у репозиторијум.

Ако је потребно, навести методе које се користе за преузимање података, аналитичке и процедуралне информације, њихово кодирање, детаљне описе варијабли, записа итд.

3.3 Стратегија и стандарди за чување података

3.3.1. До ког периода ће подаци бити чувани у репозиторијуму? _____

3.3.2. Да ли ће подаци бити депоновани под шифром? Да **Не**

3.3.3. Да ли ће шифра бити доступна одређеном кругу истраживача? Да **Не**

3.3.4. Да ли се подаци морају уклонити из отвореног приступа после извесног времена?

Да **Не**

Образложити

4. Безбедност података и заштита поверљивих информација

Овај одељак МОРА бити попуњен ако ваши подаци укључују личне податке који се односе на учеснике у истраживању. За друга истраживања треба такође размотрити заштиту и сигурност података.

4.1 Формални стандарди за сигурност информација/података

Истраживачи који спроводе испитивања с људима морају да се придржавају Закона о заштити података о личности (https://www.paragraf.rs/propisi/zakon_o_zastiti_podataka_o_licnosti.html) и одговарајућег институционалног кодекса о академском интегритету.

4.1.2. Да ли је истраживање одобрено од стране етичке комисије? Да **Не**

Ако је одговор Да, наведи датум и назив етичке комисије која је одобрила истраживање

етичке комисије Универзитета Метрополитан и Природно-математичког факултета, Универзитета у Новом Саду (јун 2020. године)

4.1.2. Да ли подаци укључују личне податке учесника у истраживању? Да **Не**

Ако је одговор да, наведи на који начин сте осигурали поверљивост и сигурност информација везаних за испитанике:

а) Подаци нису у отвореном приступу

б) Подаци су анонимизирани

ц) Остало, навести шта

5. Доступност података

5.1. Подаци ће бити

а) јавно доступни

б) доступни само уском кругу истраживача у одређеној научној области

ц) затворени

Ако су подаци доступни само уском кругу истраживача, навести под којим условима могу да их користе:

Ако су подаци доступни само уском кругу истраживача, навести на који начин могу приступити подацима:

5.4. Навести лиценцу под којом ће прикупљени подаци бити архивирани.

Ауторство – некомерцијално – без прераде.

6. Улоге и одговорност

6.1. Навести име и презиме и мејл адресу власника (аутора) података

Александра Стевановић, staleksandra@gmail.com

6.2. Навести име и презиме и мејл адресу особе која одржава матрицу с подацима

6.3. Навести име и презиме и мејл адресу особе која омогућује приступ подацима другим истраживачима
