

Primjena autorskih alata u oblikovanju digitalnih nastavnih sadržaja

Srbić, Patricija

Master's thesis / Diplomski rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Teacher Education / Sveučilište u Zagrebu, Učiteljski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:147:926328>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-23**

Repository / Repozitorij:

[University of Zagreb Faculty of Teacher Education - Digital repository](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
UČITELJSKI FAKULTET
ODSJEK ZA UČITELJSKE STUDIJE**

Patricija Srbić

**PRIMJENA AUTORSKIH ALATA U OBLIKOVANJU DIGITALNIH
NASTAVNIH SADRŽAJA**

Diplomski rad

Zagreb, srpanj 2023.

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
UČITELJSKI FAKULTET
ODSJEK ZA UČITELJSKE STUDIJE**

Patricija Srbić

**PRIMJENA AUTORSKIH ALATA U OBLIKOVANJU DIGITALNIH
NASTAVNIH SADRŽAJA**

Diplomski rad

**MENTOR: izv. prof. dr. sc. Mario Dumančić
SUMENTOR: dr. sc. Nataša Rogulja, viši predavač**

Zagreb, srpanj 2023.

SAŽETAK

Danas se u školama proces učenja i poučavanja sve više provodi uz pomoć digitalnih tehnologija upotrebom raznih aplikacija i sadržaja, čiji odabir i primjena ovise o kompetencijama učitelja i tehnološkoj opremljenosti učionica ili nastavnog okruženja. IKT vještine i kompetencije učitelji stječu tijekom svog studiranja i u sklopu cjeloživotnog obrazovanja. Suvremena nastava podrazumijeva integraciju IKT-a s nastavnim metodama i strategijama, na učenicima zanimljiv i kreativan način, radi učinkovitog i smislenog usvajanja znanja.

U ovom diplomskom radu opisan je proces oblikovanja digitalnog sadržaja u formi *multimedijske instruktivne poruke*, iz predmeta Matematika za 1., 2. i 3. razred osnovne škole, u skladu s načelima *kognitivne teorije multimedijskog usvajanja znanja: načelo multimedija, načelo prostorne povezanosti, načelo vremenske usklađenosti, načelo koherentnosti, načelo modaliteta, načelo zalihosnosti, načelo signalizacije, načelo individualnih razlika, načelo animacije i interaktivnosti* (Mayer, 2001, 2005, 2009, 2014). U sklopu diplomskog rada provelo se istraživanje radi ispitivanja učinkovitosti *multimedijske instruktivne poruke* za ponavljanje i usvajanje osnovnih matematičkih pojmova. Istraživanje je provedeno na uzorku od 17 učenika 2. razreda Osnovne škole Davorina Trstenjaka u Zagrebu. Rezultati su pokazali nedovoljnu razinu predznanja učenika iz predmeta Matematika za 1. i 2. razred osnovne škole, što je negativno utjecalo na zapamćivanje i razumijevanje prikazanog matematičkog sadržaja za 3. razred osnovne škole. Iako je digitalni nastavni sadržaj razvijen prema empirijski utvrđenim načelima kognitivnih teorija na području multimedije, pokazalo se kako ne može u cijelosti zamijeniti predmetno okruženje i nadoknaditi nedovoljnu razinu predznanja učenika, već ih potaknuti, motivirati i inspirirati u procesu usvajanja znanja.

Ključne riječi: *digitalne tehnologije, multimedijska instruktivna poruka, kognitivna teorija multimedijskog usvajanja znanja, Authorware*

SUMMARY

Today, the learning and teaching process in schools is increasingly being conducted with the help of digital technologies, using various applications and content. The selection and implementation of these tools depend on the teachers' competencies and the technological equipment of the classrooms or educational environment. Teachers acquire ICT skills and competencies during their studies and as a part of lifelong learning. Modern education involves integrating ICT with teaching methods and strategies in an interesting and creative way for learners, to ensure effective and meaningful knowledge acquisition.

This thesis describes the process of designing digital content in the form of a *multimedia instructional message*, for the subject Mathematics for the 1st, 2nd and 3rd grades of elementary school, in accordance with the principles of the *Cognitive Theory of Multimedia Learning: multimedia principle, spatial contiguity principle, temporal contiguity principle, coherence principle, modality principle, redundancy principle, signaling principle, individual differences principle, animation and interactivity principle* (Mayer, 2001, 2005, 2009, 2014). As part of this thesis, research was conducted to test the effectiveness of a *multimedia instructional message* for repetition and acquisition of basic mathematical concepts. The research was conducted on a sample of 17 learners from 2nd grade of Davorin Trstenjak Elementary School in Zagreb. The results showed an insufficient level of prior knowledge of the learners in Mathematics for the 1st and 2nd grade of elementary school, which negatively affected the retention and understanding of the presented mathematical content for the 3rd grade of elementary school. Although the digital teaching content was developed according to empirically established principles of cognitive theories in the field of multimedia, it was shown that it cannot completely replace the subject environment and compensate for the insufficient level of prior knowledge of learners. However, it can encourage, motivate and inspire them in the process of acquiring knowledge.

Keywords: *digital technologies, multimedia instructional message, cognitive theory of multimedia learning, Authorware*

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. MULTIMEDIJSKA INSTRUKTIVNA PORUKA.....	2
2.1. Kognitivna teorija multimedijskog usvajanja znanja	2
2.2. Statičke i dinamičke sastavnice multimedijске instruktivne poruke	5
2.3. Načela oblikovanja multimedijске instruktivne poruke	5
2.3.1. Načelo multimedija	6
2.3.2. Načelo prostorne povezanosti.....	6
2.3.3. Načelo vremenske usklađenosti.....	6
2.3.4. Načelo koherentnosti	7
2.3.5. Načelo modaliteta	7
2.3.6. Načelo zalihosnosti.....	7
2.3.7. Načelo signalizacije.....	8
2.3.8. Načelo individualnih razlika.....	8
2.3.9. Načelo animacije i interaktivnosti	9
3. ALATI ZA RAZVOJ I OBLIKOVANJE DIGITALNIH NASTAVNIH SADRŽAJA	10
3.1. Digitalni alati za obradu slike	10
3.2. Digitalni alati za obradu zvuka	12
3.3. Digitalni alati za izradu animacija	15
3.4. Digitalni alati za razvoj i oblikovanje multimedijских sadržaja.....	17
4. MULTIMEDIJSKA INSTRUKTIVNA PORUKA ZA PREDMET MATEMATIKA.....	18
4.1. Prva scena: „Djevojčica Maja“	19
4.2. Druga scena: „Rastavljanje broja 10 na pribrojnice“	19
4.3. Treća scena: „Množenje dva broja“	21
4.4. Četvrta scena: „Brojevnа crta“	23

4.5.	Peta scena: „Broj 101“	24
4.6.	Šesta scena: „Kraj“	26
5.	METODOLOGIJA	27
5.1.	Cilj istraživanja	27
5.2.	Hipoteze istraživanja.....	27
5.3.	Uzorak ispitanika.....	28
5.4.	Instrument istraživanja	28
5.5.	Postupak istraživanja	29
5.6.	Materijali i tehnička oprema	29
5.7.	Obrada podataka	30
5.8.	Rezultati	30
5.8.1.	Prvi zadatak	30
5.8.2.	Drugi zadatak	31
5.8.3.	Treći zadatak	32
5.8.4.	Četvrti zadatak.....	33
5.8.5.	Peti, šesti i sedmi zadatak.....	34
5.9.	Rasprava	36
6.	ZAKLJUČAK	39
	LITERATURA.....	40
	PRILOG 1: RADNI LIST	45
	POPIS SLIKA	47
	POPIS TABLICA.....	48
	POPIS GRAFIKONA.....	49
	Izjava o izvornosti rada.....	50

1. UVOD

Paralelnim razvojem društva razvija se i tehnologija. Iako novije generacije odrastaju uz kontinuirani utjecaj digitalne tehnologije, ne znači da imaju potrebno znanje o ispravnom načinu njezina korištenja. Kafai (2016) navodi da je osnovno poznavanje i razumijevanje informatike danas prijeko potrebno i za osobne i za profesionalne potrebe. S obzirom na potrebe pojedinca i društva, u osnovne škole se uvela Informatika kao izborna nastava u prva četiri razreda od 2020./2021. školske godine. Zbog nedavnih velikih promjena u načinu poučavanja za vrijeme COVID-19 pandemije, nastava se većim dijelom provodila na daljinu (*online*). U tom pogledu, veliki doprinos ostvaren je kroz projekt informatizacije hrvatskog školstva pod nazivom *e-Škole: Cjelovita informatizacija procesa poslovanja škola i nastavnih procesa u svrhu stvaranja digitalno zrelih škola za 21. stoljeće*, koji vodi Hrvatska akademska i istraživačka mreža – CARNET (CARNET, 2015), od 2015. do listopada 2023. godine.

Primjena nastavnih metoda i strategija poučavanja uz korištenje IKT-a predstavlja odgojno-obrazovno okruženje koje poštuje načela suvremene nastave (Redecker i Punie, 2017, 7), kao što su „*usmjerenost na učenika*“, „*poticanje suradničkog učenja*“, „*implementacija informacijsko-komunikacijske tehnologije*“, „*odgojnost*“, „*inovativnost i kreativnost*“ i dr. (Jerbić-Zorc, Mišurac, Sikirica, Sirovina, Hajdin, Oreški i Plantak Vukovac, 2018). Sukladno tome, posljednjih se godina nastavni proces u osnovnim i srednjim školama sve više odvija upotrebom tehnologija i digitalnih nastavnih sadržaja, poput digitalnih udžbenika, *online* tečajeva, računalnih animacija i simulacija, računalnih kvizova, igara i dr. Oblikovanje i korištenje sadržaja iz raznih predmeta uvelike je potpomognuto i oplemenjeno mogućnostima koje pruža digitalni svijet. Međutim, dovodi se u pitanje koliko učenici doista uspješno usvajaju znanje korištenjem digitalnih obrazovnih sadržaja, ako isti nisu usklađeni s teorijskim istraživanjima iz područja kognitivne psihologije i empirijski utvrđenim načelima oblikovanja multimedijских prikaza (Chandler i Sweller, 1992; Kalyuga, Chandler, i Sweller, 2000; de Koning, Tabbers, Rikers i Paas, 2009; Mayer, 2005, 2014; Mayer i Alexander, 2011). Prema *kognitivnoj teoriji multimedijskog usvajanja znanja*, učinkovito zapamćivanje i razumijevanje sadržaja može se postići korištenjem vizualnih i verbalnih informacija, u obliku *multimedijске instruktivne poruke*, što predstavlja inovativni i kreativni pristup nastavnom procesu učenja i poučavanja (Mayer, 2014). U ovom diplomskom radu prikazani su razvoj i oblikovanje digitalnog nastavnog sadržaja, iz predmeta Matematika za 1., 2. i 3. razred osnovne škole, u formi multimedijске instruktivne poruke, korištene za potrebe istraživanja i utemeljene na načelima *kognitivne teorije multimedijskog usvajanja znanja* (Mayer, 2001, 2005, 2014).

2. MULTIMEDIJSKA INSTRUKTIVNA PORUKA

U suvremenoj nastavi, uvođenjem digitalnih medija za prijenos i prikaz informacija, kao što su slike i/ili video zapisi, učenici na zanimljiviji i kreativniji način brže i jednostavnije usvajaju nove sadržaje (Rodek, 2007). Pokazalo se kako kombinacija riječi i slika predstavlja učinkovitiji konceptualni model učitelja u prezentiranju novih pojmova i koncepata (Ma, 2007).

Istovremeni prikaz *slika* i *riječi* naziva se *multimedijska instruktivna poruka*, jer objedinjuje više različitih medija koji se istovremeno koriste u svrhu lakšeg razumijevanja i zapamćivanja nastavnog sadržaja. Pod pojmom *slika* podrazumijeva se statična slika (grafikon, dijagram, ilustracija, fotografija) i/ili dinamična slika (animacija, video zapis, simulacija, i dr.), a pod pojmom *riječi* podrazumijeva se govoreni i/ili pisani tekst (Mayer, 2001, 2005). Definicija *multimedijske instruktivne poruke* je dovoljno široka da obuhvati obrazovni sadržaj u udžbenicima u pisanom i slikovnom obliku, *online* sadržaj u obliku lekcija i/ili igara koje su prikazane animacijskim efektima i naracijom. Kvaliteta *multimedijske instruktivne poruke* ovisi o prilagođenosti načela oblikovanja poruke sadržaju i kognitivnim procesima onih kojima je poruka namijenjena (Mayer, 2005, 2014).

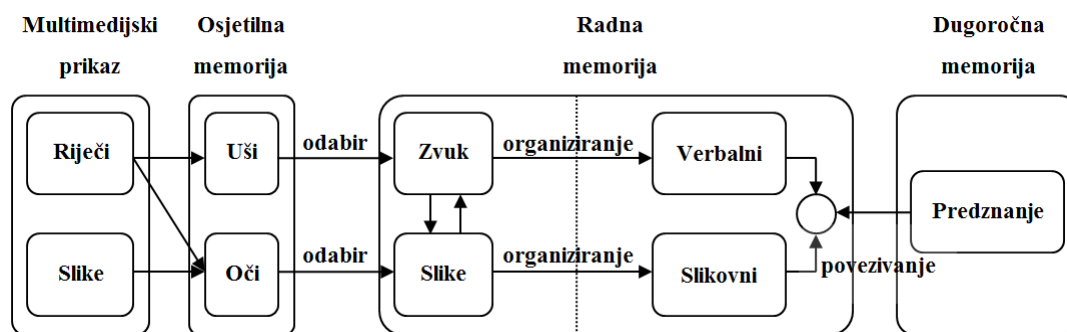
Instrukcijski dizajn, koji je usredotočen na primatelja poruke i na kognitivna načela oblikovanja iste, omogućava kvalitetno multimedijsko okruženje u kojemu je primatelj poruke sposoban graditi koherentne verbalne i slikovne mentalne predodžbe, te je također osposobljen za njihovo integriranje sa znanjem stečenim na temelju prijašnjih iskustava. Primatelj poruke, u takvom multimedijskom okruženju, naučene informacije pohranjuje u dugoročnu memoriju (Mayer, 2014).

2.1. Kognitivna teorija multimedijskog usvajanja znanja

Kognitivna teorija multimedijskog usvajanja znanja (engl. *Cognitive Theory of Multimedia Learning*) razvila se kao posljedica dugogodišnjih istraživanja i opisuje na koji način funkcionira ljudski um u procesima zapamćivanja i razumijevanja multimedijskog prikaza prilikom susreta korisnika s njegovim sadržajem. Teorija se temelji na tri pretpostavke: *dvostruki kanal za obradu informacija*, *ograničeni kapaciteti kanala za obradu informacija* i *aktivna obrada informacija* (Rogulja, 2018, 22, prema Mayer, 2005; Mayer i Alexander, 2011).

Pretpostavka dvostrukog kanala za obradu informacija temelji se na tome da ljudi koriste drugačije kanale ovisno o tipu informacija koje se obrađuju u radnoj memoriji i poslije pohranjuju u dugoročnu memoriju.

Vizualno/slikovne i slušno/verbalne informacije koriste odvojene kanale u obradi kognitivnih informacija i razlikuju se po načinu prikaza sadržaja i po osjetilima koja se koriste kada se primaju informacije. Način prikaza sadržaja može biti vizualan ili slušan (npr. slike ili audio zapis), a korištena osjetila su oči ili uši. U obradi vizualnih i slušnih informacija koriste se različiti kanali, ali moguća je i među-kanalna obrada informacija kada se za određenu zvučnu/vizualnu informaciju stvori vizualna/zvučna predodžba, koja se dodatno obrađuje u vizualnom kanalu (slika 1).



Slika 1. Model kognitivne teorije multimedijskog usvajanja znanja. Izvor: Rogulja (2018, 23, prema Mayer, 2014, 52)

Pod pojmom ograničenih kapaciteta kanala podrazumijeva se da kod određenog kanala postoji količina informacija koja se može obraditi u radnoj memoriji u određenom vremenskom intervalu. Teorija ograničenih kapaciteta kognitivnog sustava ima temelje u psihologiji (Baddeley, 1992; Chandler i Sweller, 1991). U procesu promatranja određenog multimedijskog prikaza primatelj poruke mora odabrati gdje će usmjeriti pozornost i na taj način bira koji će dijelovi sadržaja biti zadržani u memoriji, zbog toga što su kapaciteti osjetilne i radne memorije ograničeni. Primatelj poruke ne pamti identični vizualni ili slušni sadržaj već samo dijelove izvornog multimedijskog prikaza. Također, kako bi primatelj poruke mogao postići maksimalnu iskoristivost multimedijskog prikaza trebao bi ponajprije biti upoznat s novim pojmovima koji će se spominjati, kako bi se mogao fokusirati na sadržaj poruke (Benassi, Overson i Hakala, 2014).

Koncept aktivne obrade informacija navodi kako subjekt, odnosno primatelj poruke, u procesima razumijevanja i zapamćivanja sadržaja mora biti svjesno uključen u kognitivne procese, kako bi se razvili održivi mentalni modeli. Primatelj poruke aktivno uči tako što bira relevantne informacije i organizira ih u mentalne modele nakon čega te iste modele integrira s već postojećim znanjem. Neke osnovne strukture znanja uključuju obradu, usporedbu, generalizaciju, klasifikaciju i nabranje (Mayer, 2014, 50).

Postoji pet procesa u aktivnoj obradi informacija (Rogulja, 2018, 26-28, prema Mayer, 2014):

- 1) „*Odabir relevantnih riječi iz prikazanog teksta ili naracije*“ – primatelj poruke svojim osjetilima vizualnog (oči) i slušnog (uši) kanala primjećuje informacije pisanog i/ili govorenog teksta te ih zadržava u vizualnoj i slušnoj osjetilnoj memoriji. Ako je primatelj poruke aktivno uključen u prikupljanje tih informacija, one prelaze u radnu memoriju na obradu, gdje se stvaraju pripadajuća vizualna i zvučna predodžba. U slučaju govora, proces započinje u slušnom kanalu gdje prolazi put „Riječi – Uši“, a u slučaju pisanog teksta proces započinje u vizualnom kanalu i prolazi put „Riječi – Oči“. Ovisno o količini kognitivnih kapaciteta primatelja poruke, informacije se mogu pretvoriti iz vizualne u zvučnu ili iz zvučne u vizualnu predodžbu („Slika – Zvuk“ ili „Zvuk – Slika“).
- 2) „*Odabir relevantnih slika iz prikazanih ilustracija*“ – primatelj poruke osjetilnim kanalom vida preuzima informacije iz animiranog sadržaja ili ilustracije i zadržava ih u vizualnoj osjetilnoj memoriji („Slike – Oči“). Aktivnim korištenjem dijelova zadržanih informacija one se prosljeđuju radnoj memoriji na obradu, gdje se stvara vizualna predodžba. Kognitivni kapaciteti primatelja poruke definiraju hoće li se informacije moći pretvoriti iz vizualne u zvučnu predodžbu („Slike – Zvuk“). Moguće je pretvoriti samo dio početne vizualne informacije te se zbog toga primatelj poruke mora fokusirati na relevantne dijelove animiranog sadržaja ili slike.
- 3) „*Organiziranje odabranih riječi ili dijelova zvučne predodžbe u verbalni mentalni model*“ – nakon što su stvorene zvučne predodžbe u radnoj memoriji, primatelj poruke ih mora organizirati u određenu strukturu znanja ili verbalni mentalni model, izgradnjom mentalnih veza između tih predodžbi. Stupanj složenosti mentalnih veza ovisi o kognitivnim kapacitetima primatelja poruke.

- 4) „*Organiziranje odabranih slika ili dijelova vizualne predodžbe u slikovni mentalni model*“ – nakon što su stvorene vizualne predodžbe u radnoj memoriji, primatelj poruke ih mora organizirati u određenu strukturu znanja ili slikovni mentalni model, izgradnjom mentalnih veza između tih predodžbi. Stupanj složenosti mentalnih veza ovisi o kognitivnim kapacitetima primatelja poruke.
- 5) „*Povezivanje svih dijelova verbalnog i slikovnog modela s predznanjem*“ – proces u kojemu se spajaju svi dijelovi izgrađenog verbalnog i slikovnog modela u jedan novi integrirani mentalni model. Primatelj poruke na kraju spaja novi model sa znanjem iz dugoročne memorije.

U učenju iz multimedijskog sadržaja primatelj poruke koristi ove procese više puta. Poruka se neće primiti odjednom već dio po dio. Zadnji proces je kodiranje koji prikazuje prijelaz iz radne memorije u dugoročnu memoriju, gdje se novi model znanja dugotrajno zadržava ovisno o njegovoj organiziranosti (Mayer, 2014, 54-58).

2.2. *Statičke i dinamičke sastavnice multimedijске instruktivne poruke*

Nepromjenjive sastavnice ili statičke sastavnice su slika, ilustracija, fotografija, tablica, graf, dijagram i mapa. Promjenjive ili dinamičke sastavnice su animacija, video zapis i simulacija. Korištenjem statičke sastavnice primatelj poruke ima više vremena proučiti detalje i informacije iz sadržaja *multimedijске instruktivne poruke*. Primatelj poruke može posvetiti pažnju i promatrati statičku sastavnicu duže vrijeme, zbog njenog nepromjenjivog karaktera. Nasuprot tome, dinamička sastavnica ne pruža dovoljno vremena, zbog čega kvalitetan multimedijски prikaz navodi primatelja poruke da se fokusira na relevantne informacije u sadržaju poruke (Mayer, 2014).

2.3. *Načela oblikovanja multimedijске instruktivne poruke*

U oblikovanju *multimedijске instruktivne poruke* za uspješno usvajanje znanja, autor poruke (učitelj) stvara digitalni nastavni sadržaj ili svojevrsni konceptualni model, koristeći načela *kognitivne teorije multimedijskog usvajanja znanja*. Svrha konceptualnog modela je učinkovito oblikovanje multimedijskog prikaza koji primatelja poruke navodi u aktivnom kognitivnom sudjelovanju te dovodi do smislenog učenja, odnosno učenja koje će rezultirati

znanjem pohranjenim u dugoročnoj memoriji, nakon čega će se takvo znanje moći koristiti u novim životnim situacijama (Mayer i Fiorella, 2014).

Kao što je već prije navedeno, korištenjem slika i riječi primatelj poruke brže prima i pohranjuje relevantne informacije iz sadržaja poruke, te stvara održivi mentalni model predstavljenog koncepta ili pojma. S obzirom na stupanj učinkovitosti u procesu oblikovanja *multimedijske instruktivne poruke*, moguće je povećati kapacitet radne memorije primatelja, odnosno povećati broj elemenata koje je potrebno obraditi i pohraniti u dugoročnu memoriju (Širanović, 2012).

U ovom radu, za oblikovanje digitalnog nastavnog sadržaja, korišteno je osam osnovnih načela *kognitivne teorije multimedijskog usvajanja znanja*: *načelo multimedija*, *načelo prostorne povezanosti*, *načelo vremenske usklađenosti*, *načelo koherentnosti*, *načelo modaliteta*, *načelo zalihosnosti*, *načelo signalizacije*, *načelo individualnih razlika*; te jedno napredno načelo: *načelo animacije i interaktivnosti* (Mayer, 2001, 2005, 2014).

2.3.1. Načelo multimedija

„*Načelo multimedija pretpostavlja da primatelji poruke bolje usvajaju sadržaj prezentiran riječima i slikom nego sadržaj prezentiran samo riječima*“ (Rogulja, 2018, 46, prema Mayer, 2001, 2005).

2.3.2. Načelo prostorne povezanosti

„*Načelo prostorne povezanosti pretpostavlja da primatelji poruke bolje usvajaju sadržaj kod kojeg su riječi i slike prostorno integrirani nego prostorno razdvojeni*“ (Rogulja, 2018, 50, prema Mayer, 2001, 2005). Kada su slike i riječi u neposrednoj blizini primatelj poruke može vizualno obuhvatiti kompletni prikaz. Nasuprot tome, kod prostorno razdvojenih slika i riječi nije moguće vizualno obuhvatiti multimedijski prikaz, zbog čega dolazi do kognitivne preopterećenosti prilikom ulaganja stanovitog mentalnog napora (Chandler i Sweller, 1991).

2.3.3. Načelo vremenske usklađenosti

„*Načelo vremenske usklađenosti pretpostavlja da primatelji poruke bolje usvajaju sadržaj sa simultanim prikazom riječi i slika nego sadržaj sa slijednom prikazom*“ (Rogulja, 2018, 51,

prema Mayer, 2001, 2005). Simultani prikaz pruža mogućnost pojašnjavanja slika pomoću riječi, i obrnuto. Nasuprot tome, kod slijednog prikaza primatelj poruke nema pristup i slikama i riječima odjednom, što otežava stvaranje veza između verbalnog i slikovnog mentalnog modela, jer će primatelj poruke biti kognitivno preopterećen pokušavajući održati obje predodžbe u radnoj memoriji (Mayer, 2001).

2.3.4. Načelo koherentnosti

„Načelo koherentnosti pretpostavlja da primatelji poruke bolje usvajaju sadržaj kada su sadržajno nerelevantni elementi izostavljeni iz multimedijske poruke“ (Rogulja, 2018, 54, prema Mayer, 2001, 2005). U slučaju uključivanja irelevantnih dijelova u multimedijску poruku, poput zanimljivih slika i riječi, te zvukova i glazbe, doći će narušavanja procesa usvajanja znanja (Mayer, 2001). Također, izostavljanjem navedenih elemenata smanjuje se kognitivno opterećenje radne memorije prilikom aktivne obrade informacija.

2.3.5. Načelo modaliteta

„Načelo modaliteta pretpostavlja da primatelji poruke bolje usvajaju sadržaj prezentiran animacijom i govorenim tekstom (naracija), nego sadržaj prezentiran animacijom i pisanim tekstom (tekst na računalnom zaslonu)“ (Rogulja, 2018, 56, prema Mayer, 2001, 2005). U slučaju poruke koja sadrži animaciju i govoreni tekst, primatelj se može vizualno usredotočiti na animaciju dok auditivno prati naraciju sadržaja. U slučaju poruke koja sadrži animaciju i pisani tekst, može doći do kognitivne preopterećenosti radne memorije zbog toga što se od primatelja poruke očekuje razumijevanje i animacije i pisanog teksta vizualnim putem.

2.3.6. Načelo zalihosnosti

„Načelo zalihosnosti pretpostavlja da primatelji poruke bolje usvajaju sadržaj prezentiran animacijom i govorenim tekstom (naracija), nego sadržaj prezentiran animacijom, govorenim tekstom i pisanim tekstom (tekst na računalnom zaslonu)“ (Rogulja, 2018, 58, prema Mayer, 2001, 2005). Ovo načelo se temelji na pretpostavci kako ljudi imaju ograničen kapacitet za aktivnu obradu informacija u radnoj memoriji, koje su zaprimili putem vizualnog i auditivnog kanala. U slučaju sadržaja kojeg čine animacija, govoreni tekst i pisani tekst, može doći do

kognitivne preopterećenosti primatelja poruke, što će rezultirati narušavanjem procesa usvajanja znanja (Mayer, 2014).

2.3.7. Načelo signalizacije

„Načelo signalizacije pretpostavlja da primatelji poruke bolje usvajaju sadržaj kada prikaz sadrži dodatne signale (engl. signals) ili znakove (engl. cues) kojima se ističe organizacijska struktura i sadržaj esencijalnog dijela poruke“ (Rogulja, 2018, 62-63, prema Mayer i Alexander, 2011). Načelo signalizacije autoru multimedijskog prikaza omogućava manipulaciju nad vizualnim i prostornim karakteristikama, na način da se primatelju poruke raznim signalima i/ili znakovima pomaže u organizaciji i usvajanju informacija, te stvaranju održivih mentalnih modela (de Koning, Tabbers, Rikers i Paas, 2007, 2009). Načelo signalizacije očituje se kroz upotrebu naslova, različitih stilova fonta, grafičkih oznaka, prikazom uvoda i zaključka u radu i dr.

2.3.8. Načelo individualnih razlika

Načelo individualnih razlika preispituje razinu učinkovitosti *multimedijske instruktivne poruke* s obzirom na dva elementa: razinu stečenog predznanja i prostornu sposobnost primatelja poruke (Mayer, 2001). Ako primatelji poruke imaju nisku razinu predznanja, dobro oblikovana poruka će omogućiti učinkovito povezivanje vizualnih i verbalnih prikaza prisutnih u radnoj memoriji kako bi se postiglo uspješno razumijevanje sadržaja. Primatelji poruke koji imaju visoku razinu predznanja neće imati koristi iz dobro oblikovane poruke, ali će biti sposobni nadići propuste u slučaju loše oblikovane poruke zbog vlastitog predznanja.

Prostorna sposobnost podrazumijeva zadržavanje i korištenje mentalnih slika (Carroll, 1993, prema Mayer i Sims, 1994, 392) u procesu izgradnje vizualnih i verbalnih prikaza iz *multimedijske instruktivne poruke*, te veza između njih, što je važan element u procesu razumijevanja sadržaja. Ako primatelji dobro oblikovane poruke imaju bolje prostorne sposobnosti biti će uspješni u izgradnji vizualnih i verbalnih prikaza, i njihovih međusobnih veza, za razliku od primatelja poruke s lošijim prostornim sposobnostima koji će imati poteškoća u stvaranju istih veza.

2.3.9. Načelo animacije i interaktivnosti

Bétrancourt i Tversky (2000, 5) definirali su računalnu animaciju „kao bilo koju aplikaciju koja generira niz okvira, tako da se svaki okvir pojavljuje kao izmjena prethodnog, a gdje slijed okvira određuje ili dizajner ili korisnik“.

Instrukcijska animacija, kao dio *multimedijske instruktivne poruke*, oblikuje se prema pet načela, poštujući osnovna načela *kognitivne teorije multimedijskog usvajanja znanja*: načelo interaktivnosti, načelo dosljednosti, načelo razumijevanja, načelo vođenja pažnje i načelo fleksibilnosti (Rogulja, 2018, 69-72, prema Mayer, 2005).

Instrukcijska animacija pruža različite mogućnosti unaprjeđenja procesa razumijevanja i zapamćivanja sadržaja, izlaganjem vizualnih komponenti promjenama oblika (boja, tekstura, veličina i dr.), položaja (pomicanje na druge lokacije) i prijelaza (efekti „pojavljivanja“ i „nestajanja“), (Lowe, 2003, 159).

Načelo interaktivnosti ističe važnost kontroliranja brzine animacijskog prikaza i smjera izmjene prikaza okvira animacije (Narayanan i Hegarty, 2002), kako bi primatelj poruke imao dovoljno vremena za proučavanje sadržaja i izgradnju održivih mentalnih modela znanja.

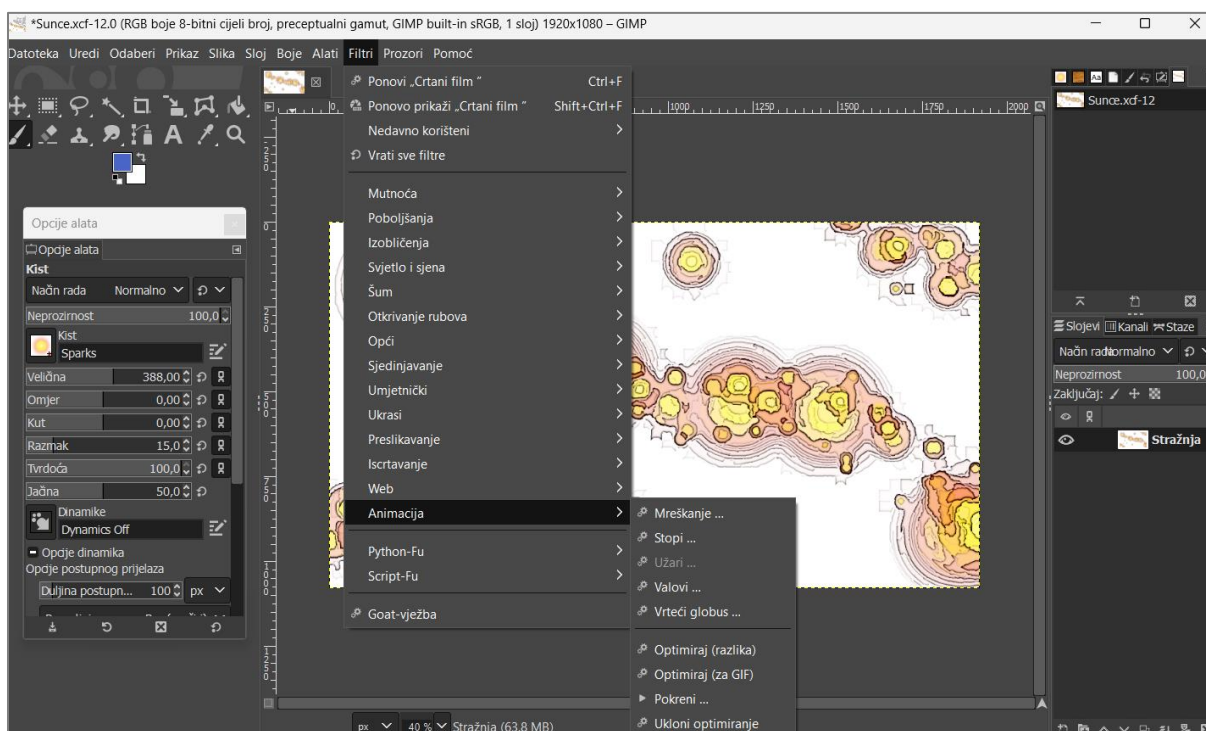
3. ALATI ZA RAZVOJ I OBLIKOVANJE DIGITALNIH NASTAVNIH SADRŽAJA

U ovom poglavlju dan je pregled prominentnih digitalnih alata za oblikovanje digitalnih nastavnih sadržaja koji se danas koriste u osnovnoškolskom odgojno-obrazovnom okruženju.

3.1. Digitalni alati za obradu slike

Poznatiji programi za digitalnu obradu slike (ilustracija, crtež, fotografija i dr.) su GIMP, Paint 2/3D, Pixlr, LunaPic i Kleki.

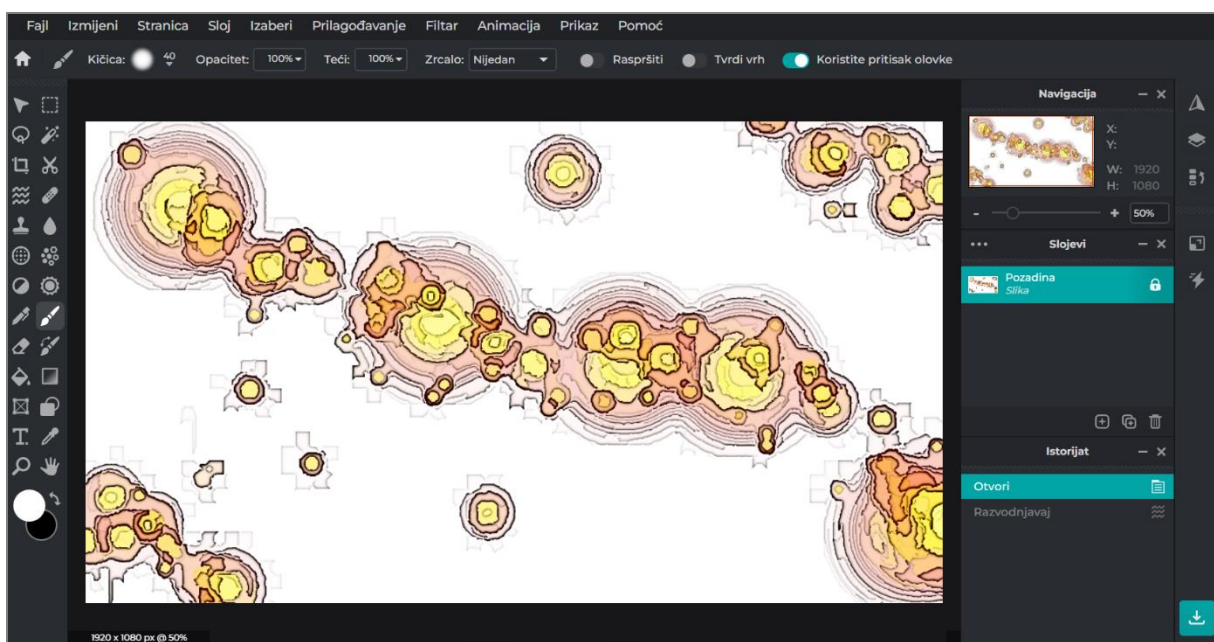
GIMP je program otvorenog koda (*engl. open source*) koji služi za obradu slika (slika 2). Razlog popularnosti ovog programa je što se pomoću njega slike mogu učinkovito i kvalitetno uređivati zbog brojnih ponuđenih mogućnosti i funkcija. Neke od njih su: uređivanje i retuširanje slika, slobodno crtanje pomoću ponuđenih alata za crtanje, obrezivanje i promjena veličine slika, pretvaranje slike iz jednog formata u drugi, korištenje raznih filtera i dr. (GIMP, 2023).



Slika 2. Screenshot sučelja programa GIMP

Pixlr je besplatni digitalni alat za obradu fotografija koji je dostupan u svim novijim verzijama mrežnih preglednika. Zbog svoje jednostavnosti odličan je za učitelje. Nije potrebna

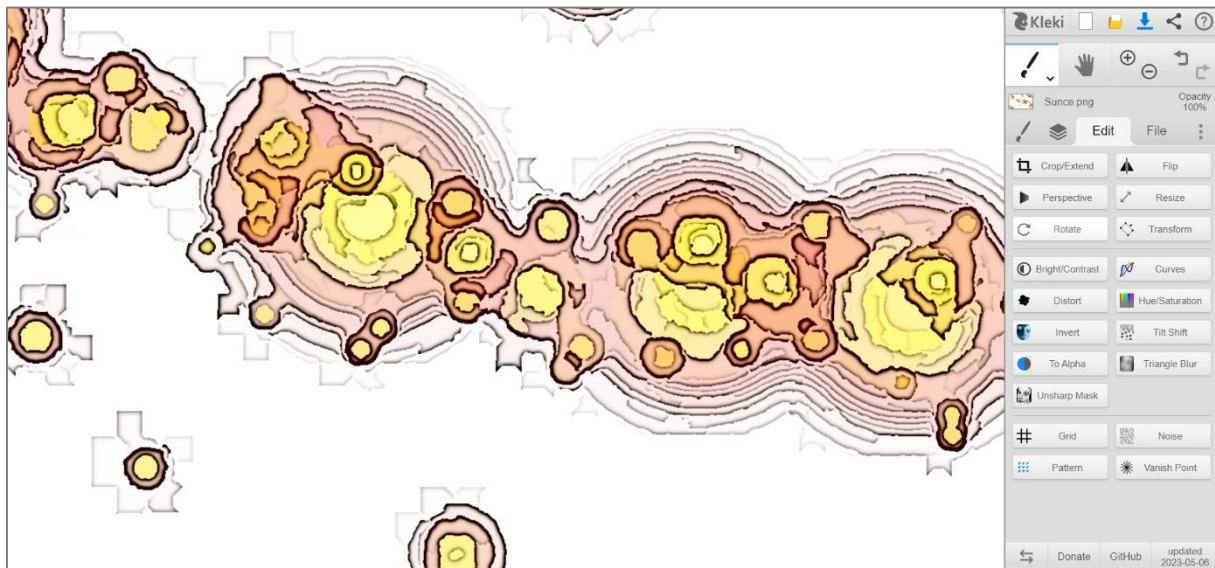
instalacija na računalo, već se koristi putem preglednika. Postoje dvije verzije alata. Pixlr Express je verzija koja omogućava brzo postavljanje filtera i dodavanja efekata na fotografije. Pixlr Editor je verzija koja sadrži sve funkcionalnosti koje su potrebne za obradu fotografija. Ovaj alat omogućava učitavanje fotografija s računala, određene poveznice ili galerije, ali se korisnik prije toga mora prijaviti u alat za povezivanje s galerijama. Neke funkcije su dostupne i bez registracije, no u tom slučaju korisnik nije povezan s galerijama. Također, slika se može izraditi od praznog platna, omogućena je izrada kolaža, isticanje određenih dijelova dodavanjem raznih elemenata, i dr. Pixlr je koristan pri izradi projektnih zadataka i zadaća te za izradu digitalnih nastavnih sadržaja (Valčić, 2017).



Slika 3. Screenshot sučelja online alata Pixlr Editor. Preuzeto s <https://pixlr.com/hr/e/> (25.6.2023.)

LunaPic je besplatni digitalni alat pomoću kojega korisnici mogu obrađivati fotografije i slike. Dostupan je u svim novijim mrežnim preglednicima. Za pristup alatu nije potrebna registracija od strane korisnika, no ako se želi pristupiti galerijama onda je korisnik primoran registrirati se. Fotografije za obradu mogu se preuzeti s vlastitog računala, drugih poveznica, Facebooka, Instagrama, Picassa, i dr. Alat omogućava osnovne funkcionalnosti poput: podešavanja svjetline i kontrasta, dodavanje gradijenta, crtanje, brisanje i izrezivanje segmenata slike. Također, dostupni su brojni alati za crtanje, efekti, okviri, animacije, i dr. Alat je odličan za korištenje u nastavi gdje učenici mogu samostalno izrađivati kolaže, no zbog svoje dostupnosti prisutne su brojne reklame (Valčić, 2017).

Kleki je besplatni digitalni alat koji je dostupan u mrežnom pregledniku. S obzirom na njegov izgled, uvelike je sličan Paint programu kojeg imaju Windows računala. Jednostavan je za korištenje i zbog toga je odličan alat za izradu slika ili obradu istih u nastavi. Dostupni su kistovi za crtanje, paleta različitih boja, četke, filteri te dodatni alati koji korisniku omogućavaju dodavanje krivulja, kontrasta, nijansi, i dr. Također, sadrži alate za rotaciju, promjenu veličine slike te obradu postojećih fotografija. *Kleki* je odličan i jednostavan alat koji se može koristiti za demonstraciju sadržaja, domaće zadaće i obradu slika i fotografija u nastavi (Režić, 2022).

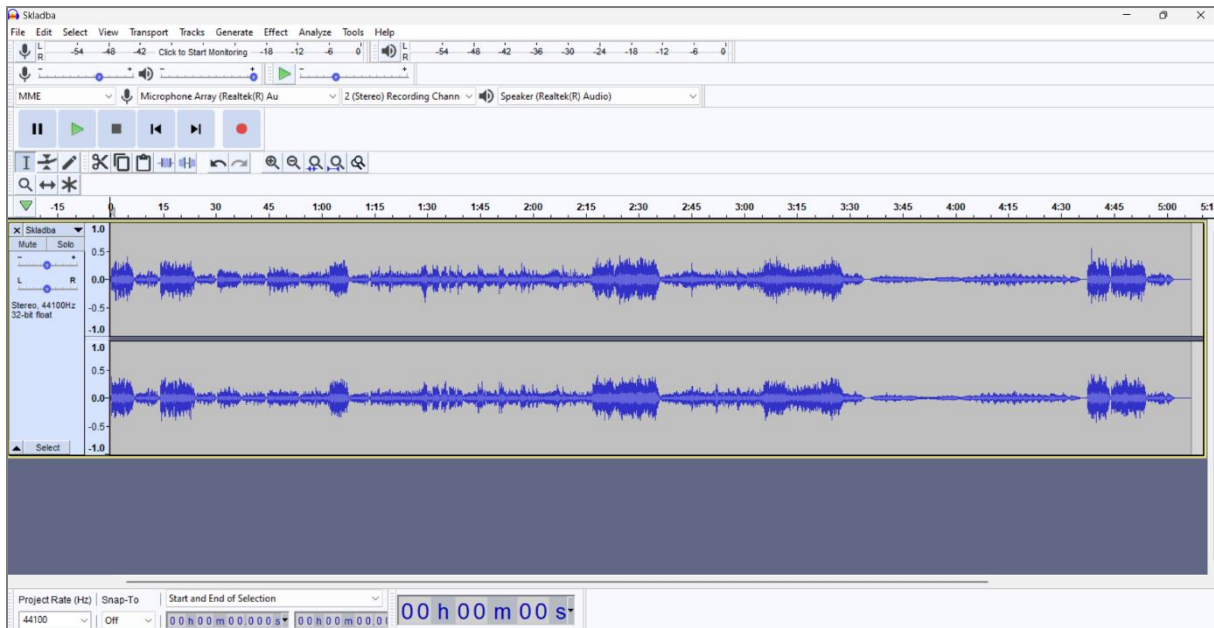


Slika 4. Screenshot sučelja Kleki online editora. Preuzeto s <https://kleki.com/> (25.6.2023.)

3.2. Digitalni alati za obradu zvuka

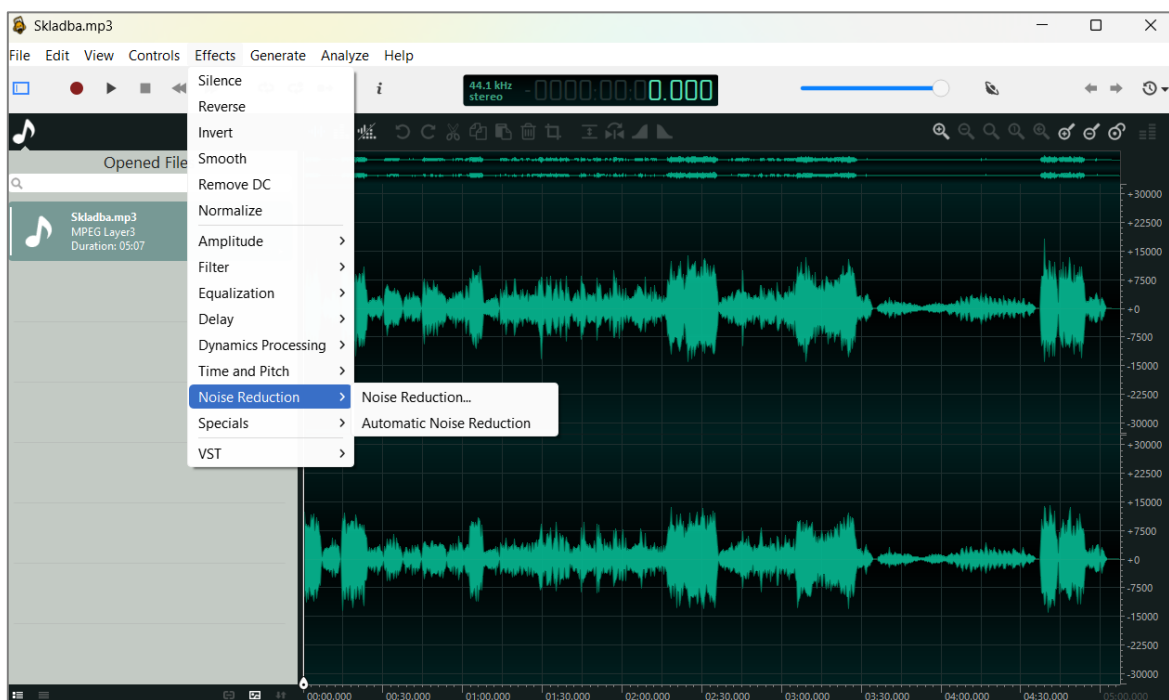
Poznatiji programi za digitalnu obradu zvuka (govor, glazba, zvučni efekti i dr.) su *Audacity*, *Ocenaudio*, *AVS Audio Editor* i *Adobe Audition*.

Audacity je program otvorenog koda (*engl. open-source*) koji se koristi za snimanje, uvoz, obradu, montažu i reprodukciju audio zapisa. Zbog velikog broja mogućnosti, ovaj računalni alat je jedan od najkorištenijih i najpoznatijih alata u obrazovanju. Neke od funkcionalnosti programa su: skraćivanje audio zapisa, uklanjanje pozadinskih zvukova, uklanjanje šuma, pojačavanje ili smanjivanje intenziteta, kopiranje dijela zapisa i spajanje više zapisa u jedan (Jović, 2022).



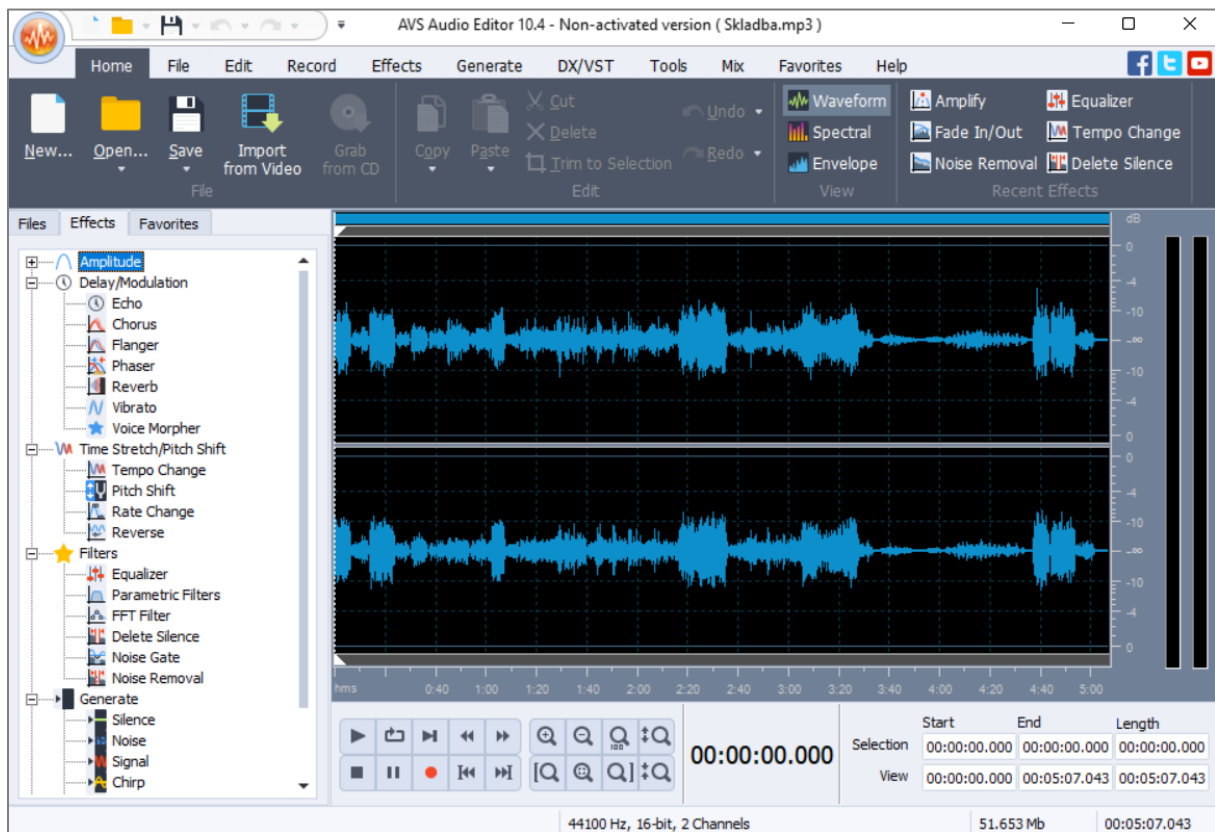
Slika 5. Screenshot sučelja programa Audacity

Ocenaudio je besplatni alat za obradu i analizu zvučnih zapisa. Jednostavan je za korištenje. Omogućava odabir dijelova zvučnog zapisa, njegovo brisanje ili obrađivanje dodavanjem efekata, poništavanje *buke*, dodavanje tranzicija (prijelaza), i dr. Na zvučnoj ploči omogućen je uvid u zvučne signale koji se mogu označiti odabirom miša te zatim brisati ili obrađivati (Ocenaudio, 2015).



Slika 6. Screenshot sučelja programa Ocenaudio

AVS Audio Editor je besplatni alat koji se koristi za obradu zvuka. Zbog svojih brojnih funkcija i mogućnosti odličan je za korištenje u izradi zvučnih sadržaja u nastavnom procesu. Neke od njegovih funkcija su izrezivanje, lijepljenje, umetanje filtera i efekata, brisanje dijelova i presijecanje zvučnih zapisa. S ovim alatom moguće je snimati zvučne zapise pomoću mikrofona ili preuzimati i uređivati već postojeće zvučne zapise koji se nalaze na računalu. Omogućava brisanje buke i ostalih zvukova koji onečišćuju zvučni zapis. Također, nudi mogućnost pretvaranja teksta u zvuk (*engl. text-to-speech*), (AVS4YOU, 2023).



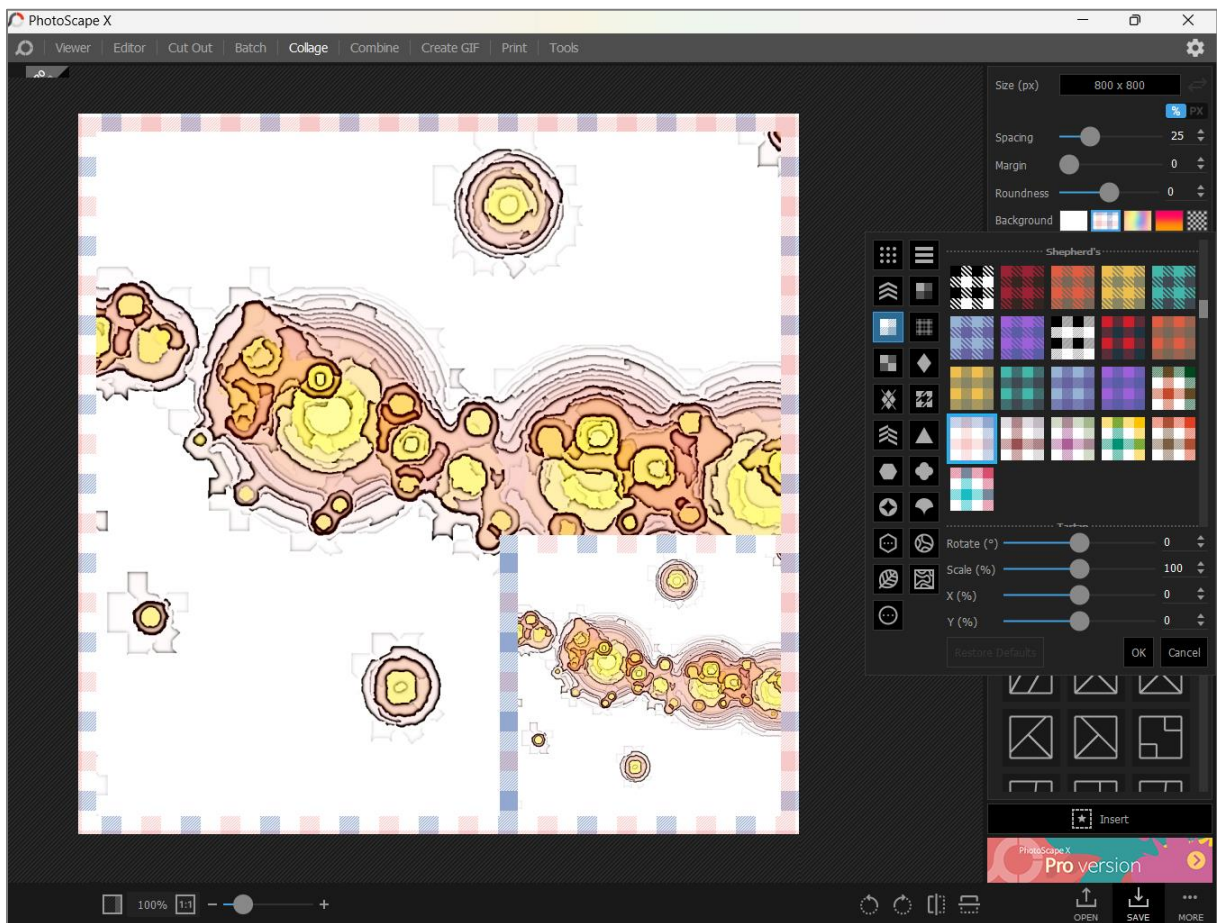
Slika 7. Screenshot sučelja programa AVS Audio Editor

Adobe Audition je napredni digitalni alat za obradu zvuka s jednostavnim korisničkim sučeljem. Alat nije besplatan za korištenje. Sadrži osnovnu zvučnu ploču i velik izbor alata te omogućava jednostavnu obradu više zvučnih zapisa, popravljavanje zvuka, podešavanje glasnoće, dodavanje efekata, i poboljšavanje jasnoće zvuka. Adobe Audition omogućava izradu visokokvalitetnog zvuka koji se kasnije može koristiti u izradi digitalnih nastavnih sadržaja (Adobe, 2023).

3.3. Digitalni alati za izradu animacija

Razni alati omogućavaju izradu učinkovitih instrukcijskih animacija koje se koriste u odgojno-obrazovnom procesu. Neki od njih su *Photoscape*, *Animatron*, *GIFMaker* i *Adobe Animate*.

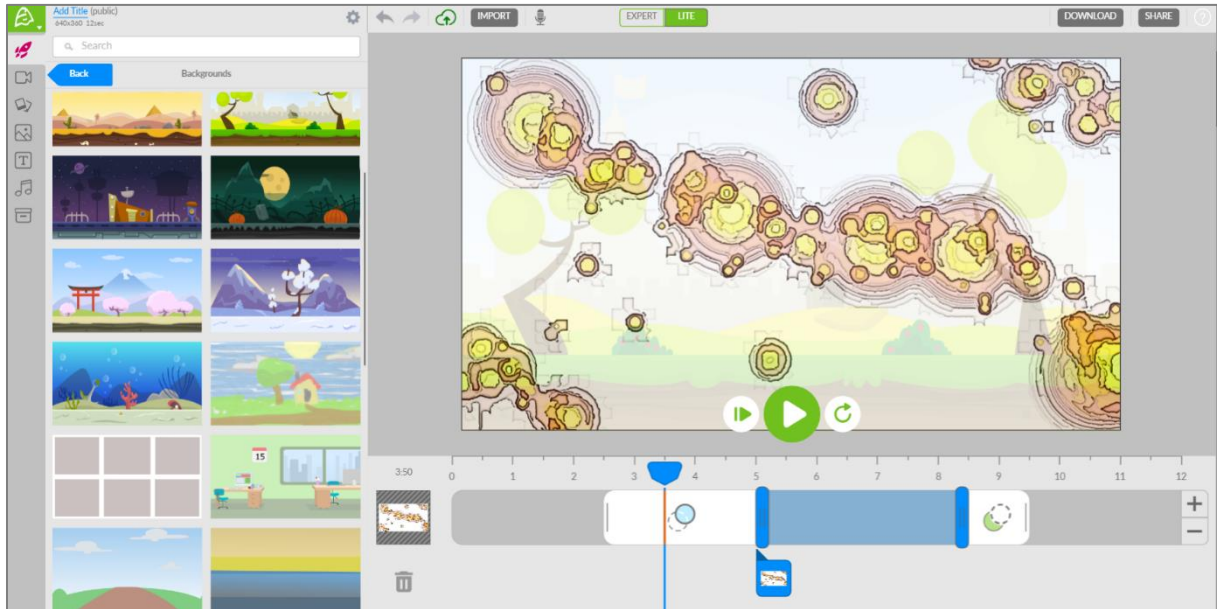
Photoscape je besplatan program za pregled i uređivanje slika, te izradu animacija. Neke od mogućnosti *Photoscape*-a su podešavanje svjetline i kontrasta, rezanje slike na više dijelova, korištenje više slika za stvaranje GIF animacije, pretvaranje u format JPG, i dr. (Softonic, 2023).



Slika 8. Screenshot sučelja programa PhotoScapeX

Animatron je besplatni *online* alat za izradu animacija koji omogućava korisniku izradu i obradu animacija unutar mrežnog preglednika. S obzirom na jednostavnost korištenja, učiteljima je omogućena izrada i obrada personaliziranih animacija u svrhu izrade nastavnih sadržaja. Osim za učitelje, alat je odličan i za učenike. Za njegovo korištenje potrebno se registrirati i navesti zanimanje. U glavnom izborniku prikazuju se već postojeći radovi koji

služe kao inspiracija i uvid u mogućnosti alata. Dostupni su alati za crtanje, brisanje, dodavanje efekata, brojne animirane sličice, i dr. Postoje i dodatni alati čije korištenje je potrebno platiti. Također, postoje upute za korištenje kao podsjetnik ili pomoć pri izradi animacije. Završni izgled animacije moguće je preuzeti na računalo u obliku video zapisa (Raguz, 2016).



Slika 9. Screenshot sučelja Animatron online editora. Preuzeto s <https://editor.animatron.com/> (25.6.2023.)

GIFMaker (GIF – engl. *Graphic Interchange Format*) je besplatni alat koji ne zahtjeva registraciju i jednostavan je za korištenje. Alatu se pristupa putem mrežnog preglednika, pri čemu se slike učitavaju s osobnog računala i tako se generira animacija. Alat sadrži osnovne funkcionalnosti: učitavanje slike, sortiranje, definiranje brzine izmjene slika i broja ponavljanja. Nema mogućnosti dodavanja efekata. Kako bi se dobila što bolja animacija trebaju se unaprijed odabrati dobre slike i/ili fotografije. Jedna od zanimljivih mogućnosti je dodavanje glazbenog zapisa pozadini animacije na način da se s *YouTube* stranice preuzme poveznica i u alat upiše točno vrijeme od kojeg će se audio zapis reproducirati. Ovaj alat mogu koristiti i učitelji i učenici pri izradi animacija (Jović, 2021).

Adobe Animate je složeniji digitalni alat za izradu animacija. Nije besplatan za korištenje, no ima odlične mogućnosti i funkcije. Koristi se za dizajn online animacija za mrežne stranice i aplikacije, interaktivne projekte, razvoj računalnih igara, i dr. Unutar alata postoji par načina za izradu animacija, ovisno o korisnikovim preferencijama (Adobe, 2023).

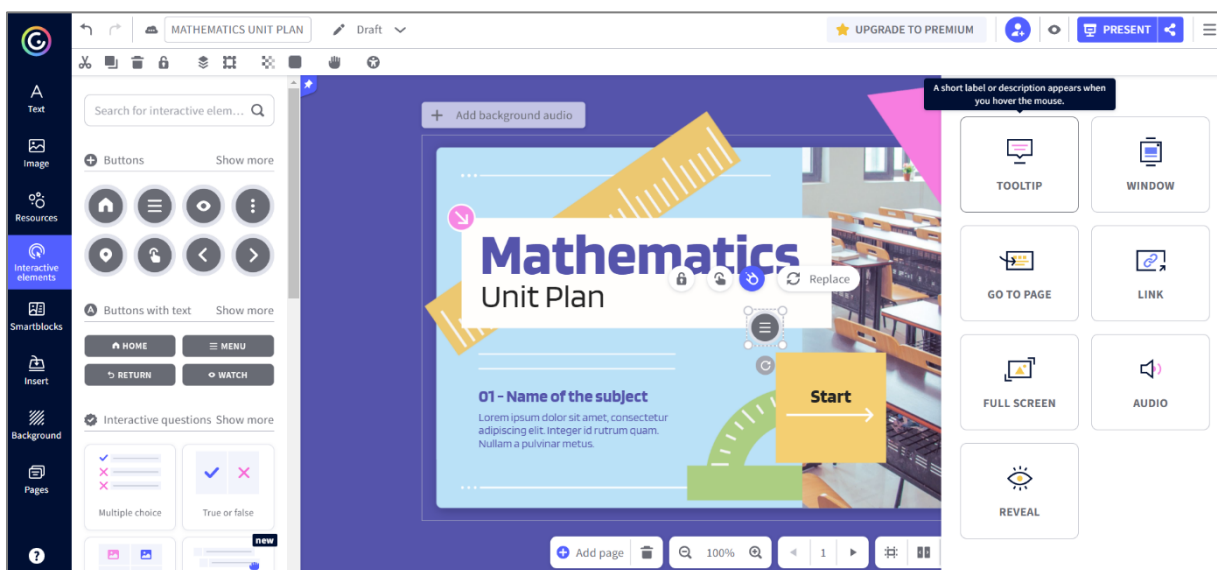
3.4. Digitalni alati za razvoj i oblikovanje multimedijских sadržaja

Digitalni alati koji se koriste u obrazovanju za oblikovanje multimedijских sadržaja sadrže brojne mogućnosti za integraciju različitih medija. Neki od njih su: *Authorware*, *Adobe Captivate* i *Genially*.

Authorware je digitalni alat koji se plaća i koji se koristio (do 2007. godine) u izradi digitalnog sadržaja. *Authorware* ne koristi Flash za vrijeme prezentacije sadržaja već vlastiti format (.aam). S obzirom na zahtjevnost ovog alata, pogodan je za autore koji vole izazov, jer sadrži dva skriptna jezika. Na samom početku izrade sadržaja, autor odabire tip sadržaja koji će izrađivati (prezentacija, animacija, kviz, i sl.), pri čemu može integrirati različite medije (riječ, slike, video i/ili audio zapise) prilikom oblikovanja sadržaja (FER, 2010).

Adobe Captivate je digitalni alat koji se često koristi u nastavi na daljinu (*online*) zbog svojih brojnih mogućnosti, no nije besplatan za korištenje. Omogućava snimanje zaslona za vrijeme demonstracije sadržaja, korištenje web kamere za vrijeme demonstracije, dodavanje i uklanjanje korisnika, imerzivno učenje kroz VR iskustvo i dr. (Adobe, 2023).

Genially je besplatni *online* alat čija je svrha izrada prezentacija, interaktivnih sadržaja, prezentacija, igara, plakata, i dr. Postoji mogućnost nadoplate kako bi bile dostupne dodatne mogućnosti. U svojoj osnovnoj verziji alat nudi sve potrebno za izradu kvalitetnih obrazovnih sadržaja. Pristup alatu je preko mrežnog preglednika i potrebna je registracija putem *e-maila*, ili Google, Facebook, LinkedIn, i Twitter računa. Također, moguće mu je pristupiti putem *e-mail* računa škole.hr. (Pezelj, 2021).



Slika 10. Screenshot sučelja Genially online editora. Preuzeto s <https://app.genially.com/dashboard> (25.6.2023.)

4. MULTIMEDIJSKA INSTRUKTIVNA PORUKA ZA PREDMET MATEMATIKA

U ovom poglavlju opisan je razvoj digitalnog nastavnog sadržaja u formi *multimedijske instruktivne poruke* za zapamćivanje i razumijevanje odabranog sadržaja (osnovni pojmovi), iz predmeta Matematika za 1., 2. i 3. razred osnovne škole, koji se koristio u svrhu istraživanja.

Razvoj sadržaja predstavlja samostalni uradak autorice ovog rada i sastoji se od sveukupno šest glavnih scena: (1) „Djevojčica Maja“; (2) „Rastavljanje broja 10 na pribrojnice“; (3) „Množenje dva broja“; (4) „Brojeva crta“; (5) „Broj 101“; (6) „Kraj“.

Sedam scena obuhvaća multimedijske instruktivne prikaze za: (1) ponavljanje odabranog sadržaja (osnovni pojmovi), iz predmeta Matematika za 1. i 2. razred osnovne škole; (2) usvajanje odabranog sadržaja (prirodni troznamenkasti broj 101), iz predmeta Matematika za 3. razred osnovne škole, s obzirom na odgovarajuća obrazovna postignuća (MZOŠ, 2016, 6917-6920), odnosno odgojne-obrazovne ishode (MZO, 2019, 8-14):

- **Prva scena** (slika 11): „Djevojčica Maja“.
- **Druga scena** (slika 12): nastavna tema: „Zbrajanje i oduzimanje brojeva do 20.“; MAT OŠ A.1.4. i MAT OŠ B.1.1.: „Zbraja i oduzima u skupu brojeva do 20.“;
- **Treća scena** (slika 13): nastavna tema: „Množenje brojeva.“; MAT OŠ A.2.4.: „Množi i dijeli u okviru tablice množenja.“;
- **Četvrta scena** (slika 14): nastavna tema: „Brojevi do 100“; MAT OŠ A.2.1.: „Služi se prirodnim brojevima do 100 u opisivanju i prikazivanju količine i redoslijeda.“;
- **Peta scena** (slika 15): nastavna tema: „Brojevi do 1000“; MAT OŠ A.3.2.: „Zbraja i oduzima u skupu prirodnih brojeva do 1000.“;
- **Šesta scena** (slika 16): „Kraj“.

U razvoju sadržaja primijenjeno je osam osnovnih načela (vidi poglavlje 2.3) i jedno napredno načelo *animacije i interaktivnosti* (Lowe, 2003, 59), *kognitivne teorije multimedijskog usvajanja znanja*. U okviru ovog rada pojam računalne animacije odnosi se na dinamični vizualni prikaz s promjenama položaja ili translacije (engl. *translations*) grafičkih objekata („djevojčica Maja“, jabuka/e), a načelo interaktivnosti podrazumijeva upotrebu interaktivnih grafičkih ikona u formi gumba (engl. *button*): „Naprijed/Natrag“ i „Pritisni“.

4.1. Prva scena: „Djevojčica Maja“

Naracija (govoreni tekst): „Bok! Ispričat ću ti jednu priču o djevojčici Maji! Maja živi sa svojom majkom u malenoj kući pokraj šume. Svakoga dana Maja ide u šetnju šumom kako bi se družila sa svojom prijateljicom plavom ptičicom.“



Slika 11. Prva scena: „Djevojčica Maja“

Načela **modaliteta** i **zalihosnosti** – prikaz dinamične vizualizacije (linearno kretanje) grafičkog objekta (slika „djevojčice Maje“) popraćenog govorenim tekstom (naracija), bez prikaza pisanog teksta, kako bi se umanjilo kognitivno opterećenje učenika (primatelj poruke) i ispunilo načelo zalihosnosti.

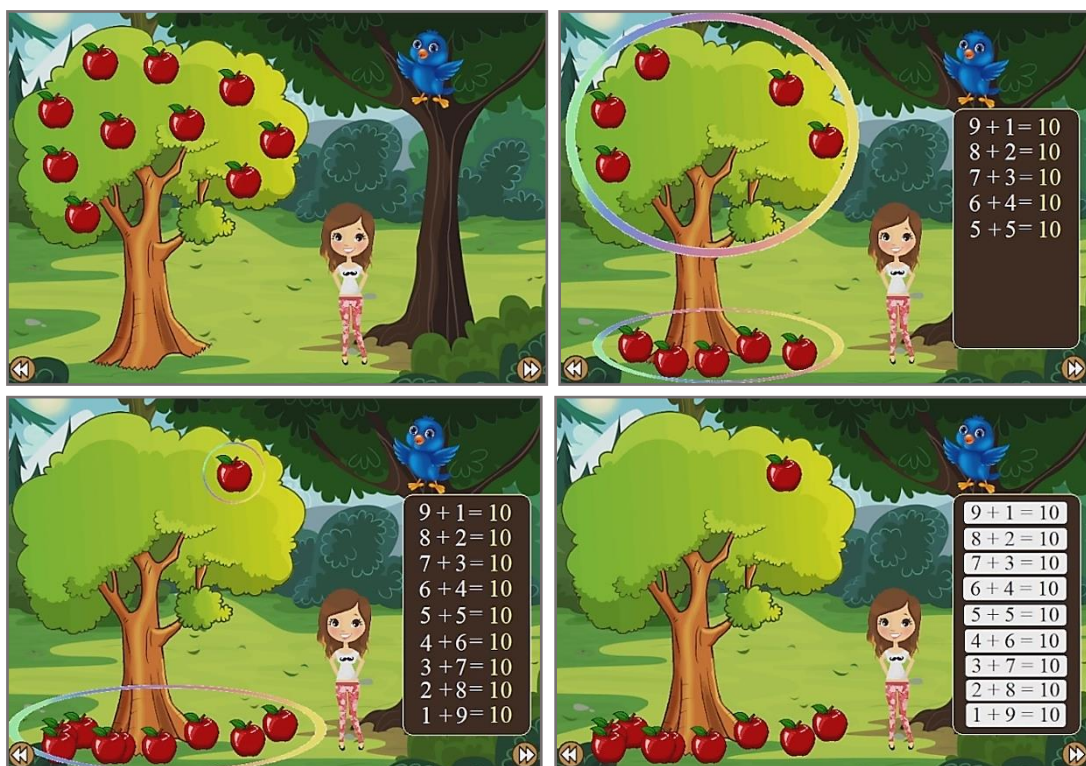
4.2. Druga scena: „Rastavljanje broja 10 na pribrojnike“

Odgojno-obrazovni ishod (MAT OŠ A.1.4. i MAT OŠ B.1.1.): „Zbraja i oduzima u skupu brojeva do 20.“

Naracija (govoreni tekst): „Jednoga dana naišla je na predivno veliko stablo. U tom trenutku, na obližnju granu, sletjela je plava ptičica i rekla: Bok Majo, vidiš li ovo stablo puno crvenih jabuka? Maja je odgovorila: Vidim. Koliko točno jabuka ima na stablu? Ptičica

odgovori: Deset jabuka. Ali, pogledaj pažljivo. Ako zapuhne vjetar i jedna jabuka padne na tlo, na stablu će ostati 9 jabuka. Ako padnu 2 jabuke na tlo, na stablu će ostati 8 jabuka. Kao što vidiš, broj deset možemo rastaviti na više načina. Majo, sada si naučila kako rastaviti broj 10. Pritisni gumbe i ponovi.“

Načelo **prostorne povezanosti** – prikaz grafičkih objekata (10 jabuka) na odgovarajućim pozicijama (stablo, tlo) i devet matematičkih zapisa unutar grafičkog elementa: pravokutni oblik smeđe boje ispuna i žute boje obruba.



Slika 12. Četiri segmenta druge scene: „Rastavljanje broja 10 na pribrojnike“

Načelo **koherentnosti** – oblikovanje scene na način da je ugodna za oči promatrača (učenik), pri čemu su izostavljeni irelevantni elementi iz multimedijskog prikaza poruke.

Načela **multimedija, modaliteta i zalihosnosti** – prikaz dinamične vizualizacije (linearno kretanje) grafičkog objekta jabuke (i više njih) i pisanog teksta (devet matematičkih zapisa) u formi „pojavljivanja“, te govorenog teksta (naracija) za prva dva matematička zapisa („9+1=10“; „8+2=10“). Pisani tekst ne narušava načelo zalihosnosti (granični uvjet), zbog čega se nije doprinijelo kognitivnom opterećenju učenika (primatelj poruke).

Načelo **animacije i interaktivnosti** – aktivacija (fakultativno) interaktivnih grafičkih ikona u formi gumba: „Naprijed/Natrag“ za prijelaz na prethodnu/iduću scenu i devet interaktivnih elementa s matematičkim zapisima: „ $9+1=10$, $8+2=10$... $2+8=10$, $1+9=10$ “, pomoću kojih se pokreće odgovarajući govoreni tekst (naracija), u svrhu ponavljanja sadržaja.

Načelo **signalizacije** – vizualno označavanje (1) pisanog teksta (devet matematičkih zapisa) u formi „pojavljivanja“ tipografskim signalom: žuta boja fonta; (2) grafičkog objekta: jedne ili više jabuka (krošnja stabla, tlo), upotrebom elipse i/ili kružnice u formi „kružnog kretanja boja“, za sve matematičke zapise.

4.3. Treća scena: „Množenje dva broja“

Odgojno-obrazovni ishod (MAT OŠ A.2.4.): „Množi i dijeli u okviru tablice množenja.“

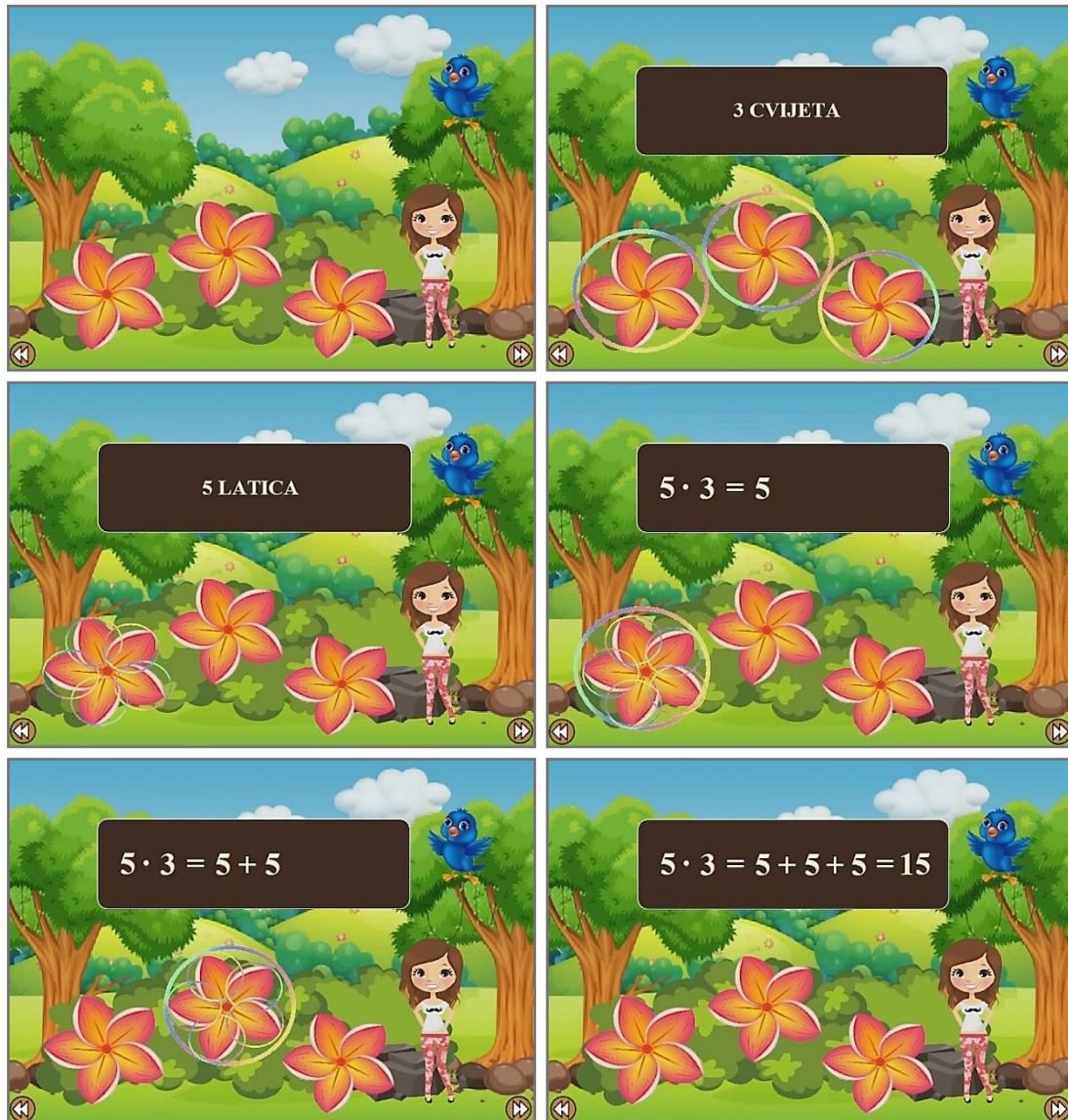
Naracija (govoreni tekst): „*Maja i plava ptičica nastavile su šetati šumom. Zaustavile su se pokraj velikog grmlja punog cvijeća. Ptičica je željela poučiti Maju množenju dvaju brojeva. Majo, pogledaj ova tri ista cvijeta. Svaki cvijet ima točno pet latica. Ako želimo saznati koliko sveukupno imamo latica trebamo pomnožiti dva broja: tri i pet. Majo, pomnožiti brojeve 3 i 5 znači da broj pet zbrajamo tri puta sa samim sobom, jer imamo 5 latica na svakom cvijetu. I to je sveukupno 15 latica. Pokušaj sama prebrojati laticice i provjeri ima li ih 15.*“

Načelo **prostorne povezanosti** – prikaz grafičkih objekata (3 cvijeta; 15 latica) na odgovarajućim pozicijama i tekstualnih zapisa (proces množenja dva broja) unutar grafičkog elementa: pravokutni oblik smeđe boje ispuna i žute boje obruba.

Načelo **koherentnosti** – oblikovanje scene na način da je ugodna za oči promatrača (učenik), pri čemu su izostavljeni irelevantni elementi iz multimedijskog prikaza poruke.

Načelo **multimedija i vremenske usklađenosti** – (1) simultani prikaz signaliziranog grafičkog objekta (pojednog cvijeta) i govorenog teksta („*Majo, pogledaj ova tri ista cvijeta.*“), te pisanog teksta („3 CVIJETA“) u formi „pojavljivanja“; (2) simultani prikaz signaliziranih pet latica grafičkog objekta (pojednog cvijeta) i govorenog teksta („*Svaki cvijet ima točno pet latica.*“), te pisanog teksta („5 LATICA“) u formi „pojavljivanja“. Pisani tekst ne narušava načelo zalihosnosti (granični uvjet), zbog čega se nije doprinijelo kognitivnom opterećenju učenika (primatelj poruke).

Načelo **multimedija** – simultani prikaz signaliziranih grafičkih objekata (tri cvijeta; petnaest latica) i pisanog teksta („ $5 \cdot 3 = 5 + 5 + 5 = 15$ “) u formi „pojavljivanja“.



Slika 13. Šest segmenata treće scene: „Množenje dva broja“

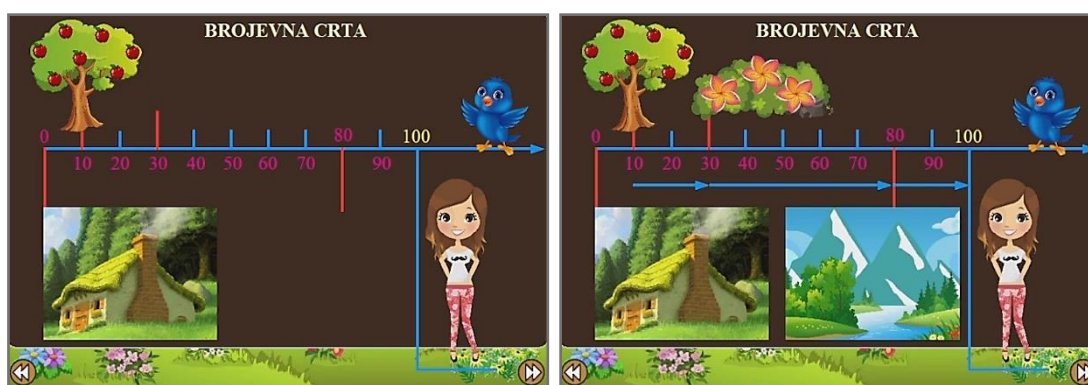
Načelo **animacije i interaktivnosti** – (1) prikaz dinamične vizualizacije (linearno kretanje) grafičkog objekta (slika „djevojčice Maje“); (2) aktivacija (fakultativno) interaktivnih grafičkih ikona u formi gumba: „Naprijed/Natrag“ za prijelaz na prethodnu/iduću scenu.

Načelo **signalizacije** – vizualno označavanje (1) pisanog teksta (proces množenja dva broja) u formi „pojavljivanja“ tipografskim signalom: žuta boja fonta; (2) grafičkih objekata: cvijet i pripadajuće laticice (3 cvijeta, 5 laticice za pojedini cvijet), upotrebom elipse i/ili kružnice u formi „kružnog kretanja boja“.

4.4. Četvrta scena: „Brojevnna crta“

Odgojno-obrazovni ishod (MAT OŠ A.2.1.): „Služi se prirodnim brojevima do 100 u opisivanju i prikazivanju količine i redoslijeda.“

Naracija (govoreni tekst): „Maja i plava ptičica nastavile su šetati šumom. Zaustavile su se na kraju šume. Ptičica joj kaže: Majo, sada ću te poučiti brojevnoj crti. Na brojevnu crtu zapisujemo brojeve. Prvi broj je 0, a zadnji broj je 100. Tvoja kuća nalazi se na broju 0. Od kuće do stabla jabuke napravila si 10 koraka. Od stabla jabuke do grmlja s cvijećem napravila si 20 koraka. Od grmlja s cvijećem do jezera napravila si 50 koraka. I od jezera do ovog mjesta na kraju šume napravila si 20 koraka. To je sveukupno 100 koraka.“



Slika 14. Dva segmenta četvrte scene: „Brojevnna crta“

Načelo **multimedija** – prikaz signaliziranih grafičkih elemenata (brojevnna crta; znamenke) i pisanog teksta („BROJEVNA CRTA“; jednoznamenasti broj 0; dvoznamenkasti brojevi od 10 do 90; troznamenkasti broj 100).

Načelo **prostorne povezanosti** – prikaz grafičkih objekata (kuća; stablo s jabukama; grmlje s cvijećem; prirodno okruženje s jezerom i planinama; djevojčica) na odgovarajućim pozicijama i njima pripadajućih tekstualnih zapisa („0“; „10“; „30“; „80“; „100“).

Načelo **koherentnosti** – oblikovanje scene na način da je ugodna za oči promatrača (učenik), pri čemu su izostavljeni irelevantni elementi iz multimedijskog prikaza poruke.

Načelo **multimedija i vremenske usklađenosti** – (1) simultani prikaz grafičkog objekta (kuća) u formi „pojavljivanja“ i govorenog teksta („Tvoja kuća nalazi se na broju 0.“); (2) simultani prikaz grafičkog objekta (stablo s jabukama) u formi „pojavljivanja“ i govorenog teksta („Od kuće do stabla jabuke napravila si 10 koraka.“); (3) simultani prikaz grafičkog objekta (grmlje s cvijećem; plava strelica) u formi „pojavljivanja“, te govorenog teksta („Od

stabla jabuke do grmlja s cvijećem napravila si 20 koraka.“); (4) simultani prikaz grafičkog objekta (prirodno okruženje s jezerom i planinama; plava strelica) u formi „pojavljivanja“, te govorenog teksta („*Od grmlja s cvijećem do jezera napravila si 50 koraka.*“); (5) simultani prikaz grafičkog objekta (plava strelica) u formi „pojavljivanja“ i govorenog teksta („*I od jezera do ovog mjesta na kraju šume napravila si 20 koraka.*“). Pisani tekst (jednoznamenasti broj 0; dvoznamenkasti brojevi od 10 do 90; troznamenkasti broj 100) ne narušava načelo zalihosnosti (granični uvjet), zbog čega se nije doprinijelo kognitivnom opterećenju učenika (primatelj poruke).

Načelo **animacije i interaktivnosti** – (1) prikaz dinamične vizualizacije (linearno kretanje) grafičkog objekta (slika „djevojčice Maje“); (2) aktivacija (fakultativno) interaktivnih grafičkih ikona u formi gumba: „Naprijed/Natrag“ za prijelaz na prethodnu/iduću scenu.

Načelo **signalizacije** – vizualno označavanje (1) grafičkog elementa – naslov scene „**BROJEVNA CRTA**“ tipografskim signalom: žuta boja fonta; (2) pisanog teksta (jednoznamenasti broj 0; dvoznamenkasti brojevi od 10 do 90) tipografskim signalom: ružičasta boja fonta; (3) pisanog teksta (troznamenkasti broj 100) tipografskim signalom: žuta boja fonta; (4) grafičkih elemenata – brojevnica i strelice tipografskim signalima: crvena i plava boja fonta.

4.5. Peta scena: „Broj 101“

Odgojno-obrazovni ishod (MAT OŠ A.3.2.): „*Zbraja i oduzima u skupu prirodnih brojeva do 1000.*“

Naracija (govoreni tekst): „*Maja je potom napravila još jedan korak i zamislila se: ako sam od kuće da sada napravila 100 koraka, koji broj ću dobiti ako napravim još jedan korak? Hmm. Pokušat ću otkriti sama. Ako nakon 10 koraka napravim još 1 korak, to je broj 11. Ako nakon 20 koraka napravim još jedan korak, to je broj 21. Ako nakon 50 koraka napravim još jedan korak, to je broj 51. Znam! Ako nakon 100 koraka napravim još jedan, to je broj 101. Znači, nakon broja 100 dolazi broj 101.*“

Načelo **koherentnosti** – oblikovanje scene na način da je ugodna za oči promatrača (učenik), pri čemu su izostavljeni irelevantni elementi iz multimedijskog prikaza poruke.



Slika 15. Četiri segmenta pete scene: „Broj 101“

Načelo **prostorne povezanosti** i **vremenske usklađenosti** – (1) prostorno integrirani simultani prikaz govorenog teksta („*Ako nakon 10 koraka napravim još 1 korak, to je broj 11.*“) i pisanog teksta („10 KORAKA + 1 KORAK = 11“) u formi „pojavljivanja“; (2) prostorno integrirani simultani prikaz govorenog teksta („*Ako nakon 20 koraka napravim još jedan korak, to je broj 21.*“) i pisanog teksta („20 KORAKA + 1 KORAK = 21“) u formi „pojavljivanja“; (3) prostorno integrirani simultani prikaz govorenog teksta („*Ako nakon 50 koraka napravim još jedan korak, to je broj 51.*“) i pisanog teksta („50 KORAKA + 1 KORAK = 51“) u formi „pojavljivanja“; (4) prostorno integrirani simultani prikaz govorenog teksta („*Ako nakon 100 koraka napravim još jedan, to je broj 101.*“) i pisanog teksta („100 KORAKA + 1 KORAK = 101“) u formi „pojavljivanja“. Pisani tekst ne narušava načelo zalihosnosti (granični uvjet), zbog čega se nije doprinijelo kognitivnom opterećenju učenika (primatelj poruke).

Načelo **animacije** i **interaktivnosti** – (1) prikaz dinamične vizualizacije (linearno kretanje) grafičkog objekta (slika „djevojčice Maje“); (2) aktivacija (fakultativno) interaktivnih grafičkih ikona u formi gumba: „Naprijed/Natrag“ za prijelaz na prethodnu/iduću scenu.

Načelo **signalizacije** – vizualno označavanje (1) pisanog teksta (proces zbrajanja: „10 KORAKA + 1 KORAK = 11“; „20 KORAKA + 1 KORAK = 21“; „50 KORAKA + 1 KORAK = 51“; „100 KORAKA + 1 KORAK = 101“), u formi „pojavljivanja“ tipografskim signalom:

žuta boja fonta; (2) tekstualnih zapisa (proces zbrajanja) unutar grafičkog elementa: pravokutni oblik smeđe boje ispunjena i žute boje obruba.

4.6. Šesta scena: „Kraj“

Naracija (govoreni tekst): „Moram se vratiti kući i sve ovo ispričati mami. Bit će sretna što sam toliko toga naučila. Doviđenja svima!“



Slika 16. Šesta scena: „Kraj“

Načela **modaliteta i zalihosnosti** – prikaz dinamične vizualizacije (linearno kretanje) grafičkog objekta (slika „djevojčice Maje“) i govorenog teksta (naracija).

5. METODOLOGIJA

Istraživanja su pokazala kako se *kognitivna teorija multimedijskog usvajanja znanja* posebno istaknula u primjeni multimedije kao kognitivnog pomoćnog sredstva za stjecanje znanja u različitim područjima, kao što su čitanje i pisanje, matematika, povijest, kemija, učenje jezika itd. (Mayer, 2001). U jednom istraživanju o *motivaciji* učenika osnovne škole u nastavi matematike, sa 374 učenika osmih razreda, pokazalo se kako je učenicima osnovnih škola ocjena iz matematike temeljna motivacija za učenje, gdje 80% učenika smatra nastavu matematike *dosadnom*, a više od 70% učenika ističe kako na njihov vlastiti trud i odnos prema matematici utječe sam učitelj, kroz vlastiti rad i odnos (Benček i Marenić, 2006). Sukladno tome, učitelji mogu motivirati i zainteresirati učenike za nastavu matematike korištenjem IKT-a, odnosno digitalnih mogućnosti raznih alata i programa za oblikovanje digitalnog sadržaja. Kroz vlastiti trud, interes i kreativnost koji su uložili u izradu sadržaja, učitelji predstavljaju primjer i model za učenike, u koje se oni mogu ugledati i graditi ispravan pristup vlastitom procesu učenja.

5.1. Cilj istraživanja

Cilj ovog istraživanja bio je ispitati učinkovitost digitalnog nastavnog sadržaja oblikovanog u formi *multimedijske instruktivne poruke* za zapamćivanje i razumijevanje odabranog sadržaja iz predmeta Matematika za 1., 2. i 3. razred osnovne škole (vidi poglavlje 4).

5.2. Hipoteze istraživanja

U skladu s navedenim ciljem istraživanja postavljene su sljedeće hipoteze:

(H1) Svi učenici postižu točne rezultate pri rješavanju zadataka objektivnog tipa korištenjem *multimedijske instruktivne poruke* za ponavljanje odabranog sadržaja iz predmeta Matematika za 1. i 2. razred osnovne škole.

Multimedijском instruktivnom porukom se na motivirajući i zanimljiv način prikazuje nastavni sadržaj, što privlači i usmjeruje pažnju učenika na relevantne dijelove poruke, radi uspješnog zapamćivanja i razumijevanja sadržaja. Korištenjem multimedijske poruke koja prikazuje osnovne matematičke pojmove, očekuje se da će svi učenici uspješno riješiti zadatke

objektivnog tipa za ponavljanje njima poznatog (odabranog) sadržaja, iz predmeta Matematika za 1. i 2. razred osnovne škole.

(H2) Više od polovice učenika postiže točne rezultate pri rješavanju zadataka objektivnog tipa korištenjem *multimedijske instruktivne poruke* za usvajanje odabranog sadržaja iz predmeta Matematika za 3. razred osnovne škole.

Multimedijska instruktivna poruka predstavlja inovativan i kreativan pristup u procesu učenja i poučavanja, gdje se učenike potiče na aktivni proces stvaranja mentalnih modela prikazanih matematičkih koncepata, što uvelike olakšava proces usvajanja znanja. U skladu s navedenom pretpostavkom, očekuje se da će više od polovice učenika uspješno riješiti zadatke objektivnog tipa za usvajanje njima novog (odabranog) sadržaja (prirodni troznamenkasti broj 101), iz predmeta Matematika za 3. razred osnovne škole.

5.3. *Uzorak ispitanika*

U istraživanju je sudjelovalo 17 učenika 2. razreda Osnovne škole Davorina Trstenjaka u Zagrebu. Dobna struktura učenika bila je između 8 i 9 godina.

5.4. *Instrument istraživanja*

U istraživanju su korišteni **digitalni nastavni sadržaj** u formi *multimedijske instruktivne poruke* i **tiskani materijal** u formi radnog lista sa zadacima objektivnog tipa (7 zadataka) za: (1) ponavljanje odabranog sadržaja iz predmeta Matematika za 1. i 2. razred osnovne škole; (2) usvajanje odabranog sadržaja iz predmeta Matematika za 3. razred osnovne škole.

Digitalni nastavni sadržaj i tiskani materijal razvijeni su prema obrazovnim postignućima *Nastavnog plana i programa za osnovnu školu* koji se počeo primjenjivati od školske godine 2006./2007. (MZOŠ, 2006), što je u ovom radu usklađeno s odgojno-obrazovnim ishodima *Kurikuluma nastavnog predmeta Matematika za osnovne i srednje škole*, koji je stupio na snagu 2019. godine (MZOŠ, 2016, 6917-6920; MZO 2019, 8-14):

- **Nastavne teme:** (2. razred, 1. zadatak) **Uspoređivanje brojeva do 100** (Obrazovna postignuća: *usporediti i matematičkim zapisom izraziti odnos među brojevima do 100*); (2. razred; 4. zadatak) **Brojevi do 100** (Obrazovna postignuća: *čitati, pisati i brojiti do 100; pravilno izgovarati brojeve do 100; razumjeti strukturu brojeva do 100 kao zbroj desetica i jedinica; odrediti mjesto svakoga broja na brojevnoj crti.*).

MAT OŠ A.2.1.: „Služi se prirodnim brojevima do 100 u opisivanju i prikazivanju količine i redoslijeda.“;

- **Nastavna tema:** (1. razred, 2. zadatak) **Zbrajanje i oduzimanje brojeva do 20** (Obrazovna postignuća: *ovladati postupkom zbrajanja i oduzimanja brojeva do 20.*).

MAT OŠ A.1.4. i MAT OŠ B.1.1.: „Zbraja i oduzima u skupu brojeva do 20.“;

- **Nastavna tema:** (2. razred, 3. zadatak) **Množenje brojeva** (Obrazovna postignuća: *razumjeti množenje kao zbrajanje jednakih pribrojnika; pisati množenje matematičkim zapisom.*);

MAT OŠ A.2.4.: „Množi i dijeli u okviru tablice množenja.“;

- **Nastavna tema:** (3. razred, 5., 6. i 7. zadatak) **Brojevi do 1000** (Obrazovna postignuća: *čitati, pisati i brojiti do 1000.*).

MAT OŠ A.3.2.: „Zbraja i oduzima u skupu prirodnih brojeva do 1000.“

5.5. Postupak istraživanja

Istraživanje je provedeno u prostorijama Učiteljskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu i Osnovne škole Davorina Trstenjaka u Zagrebu, u ljetnom semestru akademske godine 2017./2018.

Istraživanje je trajalo dva školska sata (90 minuta). Prije istraživanja ispitanici su primili upute o pravilima ponašanja za vrijeme istraživanja. Učenici su upoznati s time da je njihovo sudjelovanje u istraživanju fakultativno i anonimno, te da će se samo njihovi rezultati koristiti i analizirati u svrhu istraživanja. Učenicima je prvo prezentiran digitalni nastavni sadržaj u informatičkom kabinetu Učiteljskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Nakon toga, učenici su primili tiskani materijal (radni list) sa zadacima objektivnog tipa za provjeru zapamćivanja i razumijevanja sadržaja, u učionici Osnovne škole Davorina Trstenjaka u Zagrebu. Pri tome, učenici nisu imali mogućnost ponovnog pregledavanja digitalnog nastavnog sadržaja.

5.6. Materijali i tehnička oprema

U svrhu istraživanja oblikovana je *multimedijska instruktivna poruka* pomoću računalnog programa *Authorware*. Obrada i reprodukcija audio zapisa (govoreni tekst; naracija) napravljena je uz pomoć programa *Audacity*. Obrada vizualnih elemenata (grafike) napravljena je uz pomoć programa *GIMP*.

Tiskani materijal korišten u istraživanju obuhvaćao je zadatke objektivnog tipa u formi radnog lista i sadržavao je sveukupno 7 zadataka. Vidi prilog 1.

Istraživanje je provedeno u informatičkom kabinetu Učiteljskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, pri čemu je svaki učenik imao na raspolaganju računalo i slušalice.

5.7. Obrada podataka

Obrada i analiza podataka napravljena je pomoću računalnog programa MS Office Excel.

5.8. Rezultati

5.8.1. Prvi zadatak

U prvom zadatku ispitivalo se usvojeno znanje (osnovni pojmovi), iz predmeta Matematika za 2. razred osnovne škole (odgojno-obrazovni ishod MAT OŠ A.2.1.), u uspoređivanju brojeva do 100. Ispitanici su trebali u četiri prazna polja upisati odgovarajući znak „>“ ili „<“. Maksimalni broj bodova na zadatku bio je 1, što je podrazumijevalo da je zadatak u cijelosti točno riješen.

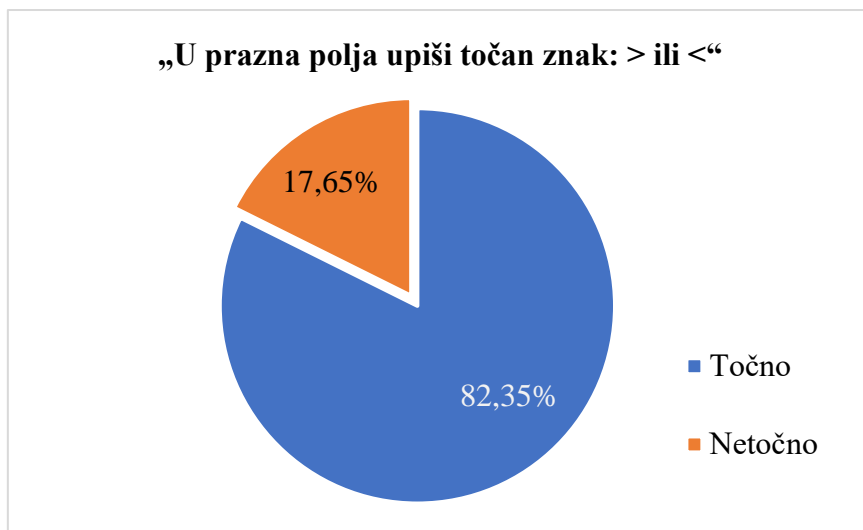
Tablica 1 prikazuje broj ostvarenih bodova svih ispitanika (N=17), gdje je zadatak uspješno riješilo 14 ispitanika (82,35%), sa srednjom vrijednosti ostvarenih bodova od 0,82 (SD=0,393). Troje ispitanika (17,65%) je netočno riješilo zadatak.

Tablica 1. Prikaz rezultata prvog zadatka

Zadatak	Maksimalni broj bodova	Ostvareni broj bodova	Mean	Std. Deviation ¹
1	1	14	0,82	0,393

Grafikon 1 prikazuje postotke rješivosti prvog zadatka.

¹Standardna devijacija je statistički pojam koji označava mjeru raspršenosti podataka u skupu. Interpretira se kao prosječno odstupanje od prosjeka i to u apsolutnom iznosu.



Grafikon 1. Rješivost prvog zadatka

5.8.2. *Drugi zadatak*

U drugom zadatku ispitivalo se usvojeno znanje (osnovni pojmovi), iz predmeta Matematika za 1. razred osnovne škole (odgojno-obrazovni ishodi: MAT OŠ A.1.4. i MAT OŠ B.1.1.), u zbrajanju u skupu bojeva do 20.

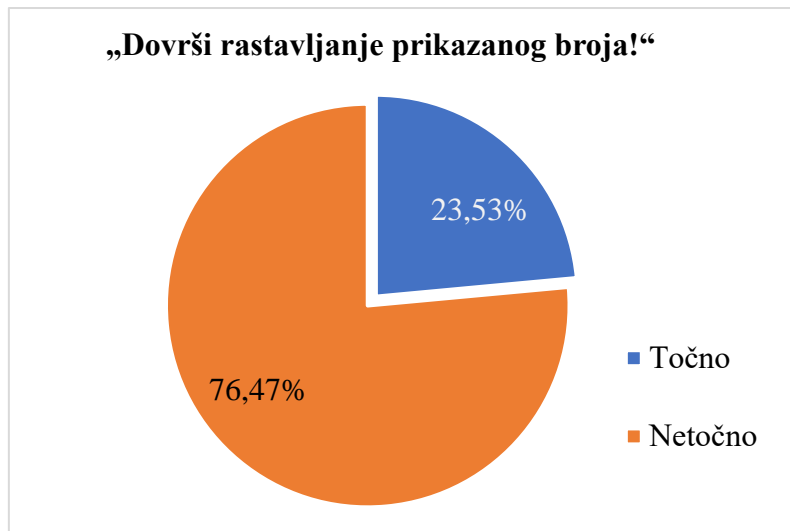
Ispitanici su trebali zapisati rastavljanje prirodnog broja 11 na dva pribrojnika. Maksimalni broj bodova na zadatku bio je 1, što je podrazumijevalo da je zadatak u cijelosti točno riješen.

Tablica 2 prikazuje broj ostvarenih bodova svih ispitanika (N=17), gdje je zadatak uspješno riješilo 4 ispitanika (23,53%), sa srednjom vrijednosti ostvarenih bodova od 0,24 (SD=0,437). Trinaest ispitanika (76,47%) je netočno riješilo zadatak.

Tablica 2. Prikaz rezultata drugog zadatka

Zadatak	Maksimalni broj bodova	Ostvareni broj bodova	Mean	Std. Deviation
2	1	4	0,24	0,437

Grafikon 2 prikazuje postotke rješivosti drugog zadatka.



Grafikon 2. Rješivost drugog zadatka

5.8.3. Treći zadatak

U trećem zadatku ispitivalo se usvojeno znanje (osnovni pojmovi), iz predmeta Matematika za 2. razred osnovne škole (odgojno-obrazovni ishodi: MAT OŠ A.2.4.), u množenju (dvaju brojeva), u okviru tablice množenja, upotrebom tekstualnog zadatka i odgovarajućih grafičkih prikaza: „*Prebroji koliko SVEUKUPNO ima točkica na bubamarama i ispunj prazna polja množeći dva broja.*“.

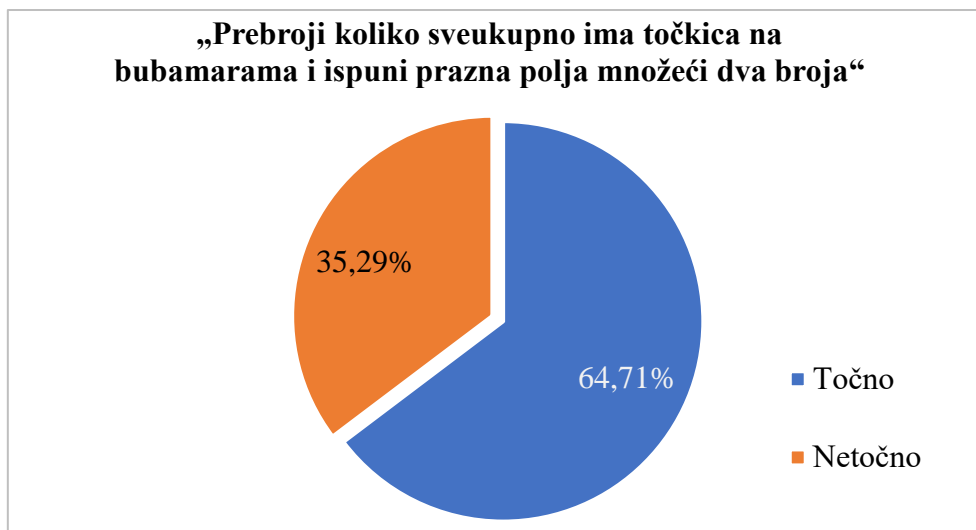
Ispitanici su trebali u tri prazna polja upisati točne vrijednosti faktora (prirodnih brojeva), čijim se umnoškom dobiva vrijednost jednaka „*prebrojanim točkicama na bubamarama*“. Maksimalni broj bodova na zadatku bio je 1.

Tablica 3 prikazuje broj ostvarenih bodova svih ispitanika (N=17), gdje je zadatak uspješno riješilo 11 ispitanika (64,71%), sa srednjom vrijednosti ostvarenih bodova od 0,65 (SD=0,493). Šest ispitanika (35,29%) je netočno riješilo zadatak.

Tablica 3. Prikaz rezultata trećeg zadatka

Zadatak	Maksimalni broj bodova	Ostvareni broj bodova	Mean	Std. Deviation
3	1	11	0,65	0,493

Grafikon 3 prikazuje postotke rješivosti trećeg zadatka.



Grafikon 3. Rješivost trećeg zadatka

5.8.4. Četvrti zadatak

U četvrtom zadatku ispitivalo se usvojeno znanje (osnovni pojmovi), iz predmeta Matematika za 2. razred osnovne škole (odgojno-obrazovni ishodi: MAT OŠ A.2.1.), u prikazivanju brojeva do 100 na brojevnoj crti.

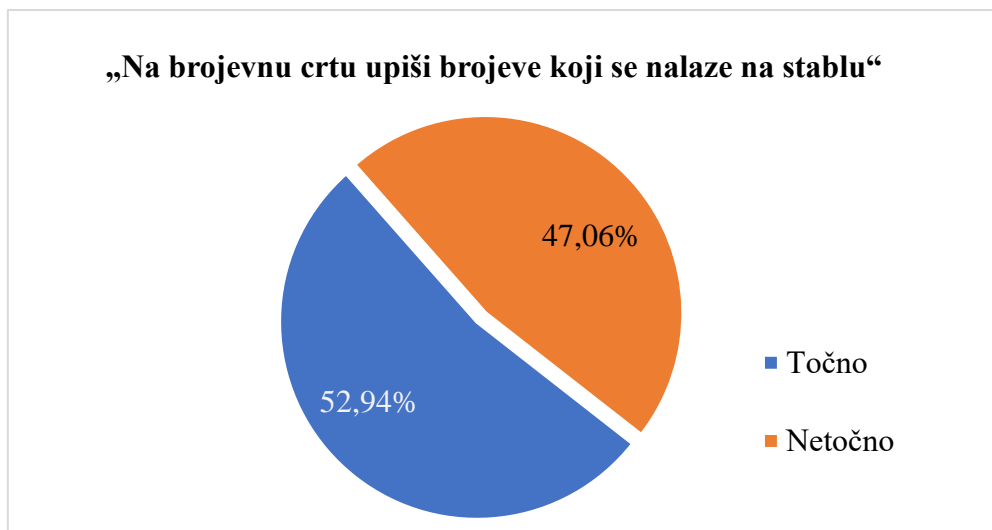
Ispitanici su trebali na brojevnu crtu upisati brojeve „25, 60, 75, 90“, prikazane na grafičkom elementu (stablo), pri čemu je brojevnica jasno prikazivala jedinice i desetice: „0, 5, 10, 20, 30, 50, 65“. Maksimalni broj bodova na zadatku bio je 1, što je podrazumijevalo da je zadatak u cijelosti točno riješen.

Tablica 4 prikazuje broj ostvarenih bodova svih ispitanika (N=17), gdje je zadatak uspješno riješilo 9 ispitanika (52,94%), sa srednjom vrijednosti ostvarenih bodova od 0,53 (SD=0,514). Osam ispitanika (47,06%) je netočno riješilo zadatak.

Tablica 4. Prikaz rezultata četvrtog zadatka

Zadatak	Maksimalni broj bodova	Ostvareni broj bodova	Mean	Std. Deviation
4	1	9	0,53	0,514

Grafikon 4 prikazuje postotke rješivosti četvrtog zadatka.



Grafikon 4. Rješivost četvrtog zadatka

5.8.5. Peti, šesti i sedmi zadatak

Petim, šestim i sedmim zadatkom ispitivalo se usvojeno znanje (prirodni troznamenkasti broj 101), iz predmeta Matematika za 3. razred osnovne škole (odgojno-obrazovni ishodi: MAT OŠ A.3.2.), u zbrajanju i oduzimanju u skupu prirodnih brojeva do 1000. Ispitanici su trebali u prazna polja upisati broj 101 u obliku zbrajanja i oduzimanja dvaju brojeva, te ga prikazati na brojevnoj crti. Maksimalni broj bodova na svakom zadatku bio je 1.

Tablica 5 prikazuje broj ostvarenih bodova svih ispitanika (N=17), za 5., 6. i 7. zadatak.

Tablica 5. Prikaz rezultata petog, šestog i sedmog zadatka

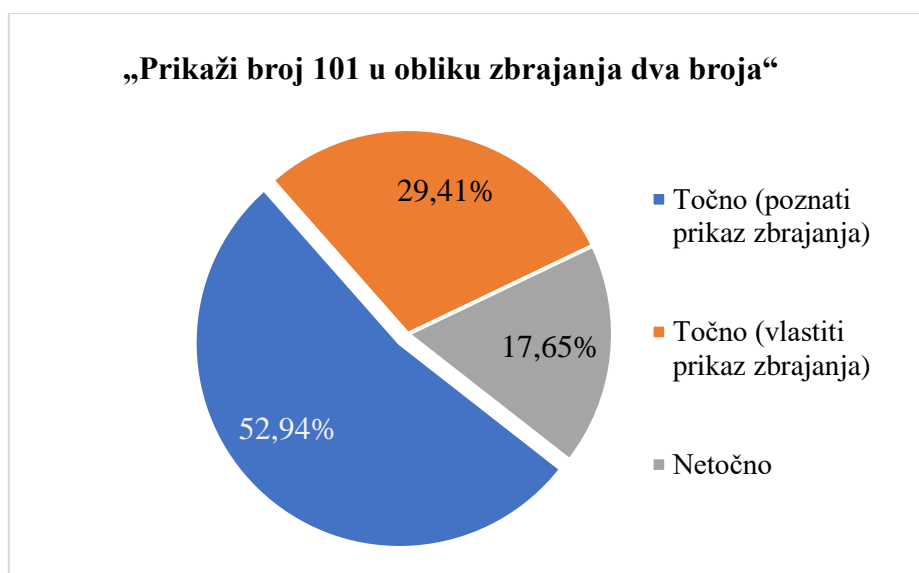
Zadatak	Maksimalni broj bodova	Ostvareni broj bodova	Mean	Std. Deviation
5	1	14	0,82	0,393
6	1	8	0,47	0,514
7	1	0	0,00	0,000

Peti zadatak uspješno je riješilo 14 ispitanika (82,35%), sa srednjom vrijednosti ostvarenih bodova od 0,82 (SD=0,393), od čega je 9 ispitanika (52,94%) riješilo zadatak na način prikazan u *multimedijskoj instruktivnoj poruci* („100+1=101“), a 5 ispitanika (29,41%) je zadatak riješilo na drugačiji način („51+50=101“). Troje ispitanika (17,65%) je netočno riješilo zadatak.

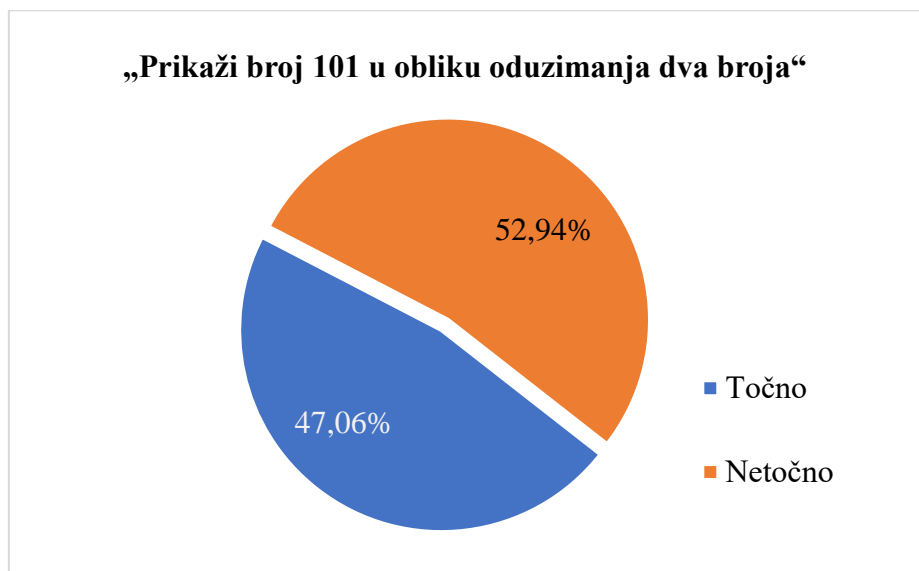
Šesti zadatak uspješno je riješilo 8 ispitanika (47,06%), sa srednjom vrijednosti ostvarenih bodova od 0,47 (SD=0,514). Devet ispitanika (52,94%) je netočno riješilo zadatak.

Sedmi zadatak nije uspješno riješio niti jedan ispitanik (0%).

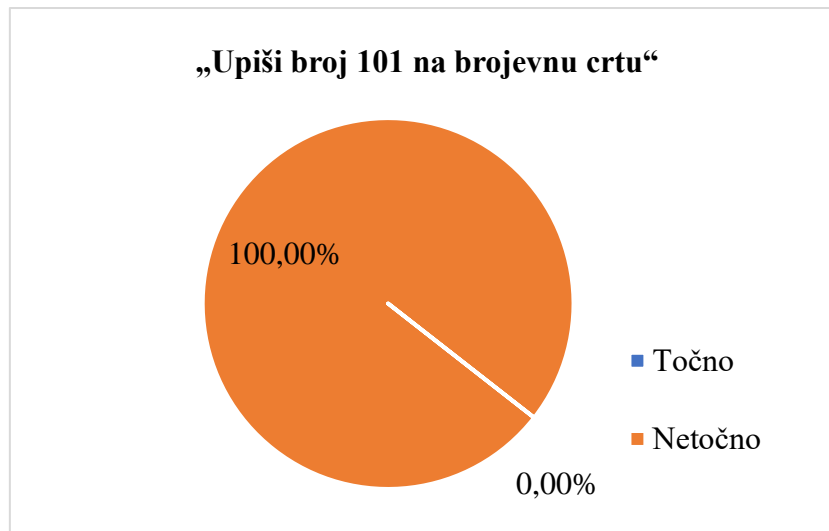
Grafikoni 5, 6 i 7 prikazuju postotke rješivosti 5., 6. i 7. zadatka.



Grafikon 5. Rješivost petog zadatka



Grafikon 6. Rješivost šestog zadatka



Grafikon 7. Rješivost sedmog zadatka

5.9. Rasprava

Hipotezom (**H1**) pretpostavljeno je kako svi učenici postižu točne rezultate pri rješavanju zadataka objektivnog tipa korištenjem *multimedijske instruktivne poruke* za ponavljanje odabranog sadržaja iz predmeta Matematika za 1. i 2. razred osnovne škole. U skladu s dobivenim rezultatima hipoteza (H1) se odbacuje.

Prvim, trećim i četvrtim zadatkom provjeravalo se predznanje učenika iz njima poznatog (odabranog) sadržaja za 2. razred osnovne škole: (1. zadatak) uspoređivanje brojeva do 100; (3. zadatak) množenje dvaju prirodnih brojeva u okviru tablice množenja; (4. zadatak) čitanje, pisanje i brojenje do 100, te određivanje mjesta zadanog broja na brojevnoj crti.

Rješivost prvog zadatka bila je visoka (82,35%), što je pokazalo kako veći broj učenika (N=14) ispravno tumači i zapisuje znakove „<“ i „>“, pri uspoređivanju prirodnih brojeva do 100. Rješivost trećeg zadatka (64,71%) pokazala je kako trećina učenika (N=6) ima poteškoća s matematičkom operacijom množenja. Rješivost četvrtog zadatka (52,94%) pokazala je kako određeni broj učenika (N=8) nema adekvatno predznanje u čitanju, pisanju i brojenju do 100, te određivanju mjesta zadanog broja na brojevnoj crti.

Drugim zadatkom provjeravalo se predznanje učenika iz njima poznatog (odabranog) sadržaja za 1. razred osnovne škole: (2. zadatak) zbrajanje i oduzimanje u skupu brojeva do 20. Rješivost drugog zadatka bila je vrlo niska (23,53%), što je pokazalo kako veći broj učenika (N=13) nema adekvatno predznanje u rastavljanju dvoznamenkastog broja.

Pretpostavilo se da će svi učenici točno riješiti zadatke (1, 2, 3, 4) za ponavljanje njima poznatog (odabranog) sadržaja za 1. i 2. razred osnovne škole, iz dva razloga: (1) adekvatno predznanje učenika s održivim mentalnim modelima osnovnih matematičkih pojmova; (2) stupanj složenosti sadržaja, gdje su prikazani osnovni matematički pojmovi kroz *multimedijsku instruktivnu poruku*, od druge do četvrte scene (vidi poglavlje 4).

Prema načelu individualnih razlika (engl. *Individual Differences Principle*) *kognitivne teorije multimedijskog usvajanja znanja*, dobro oblikovana *multimedijska instruktivna poruka* ima veći utjecaj na učenike s lošim predznanjem i boljim prostornim sposobnostima nego na učenike s dobrim predznanjem i slabijim prostornim sposobnostima. Međutim, multimedijski instruktivni prikaz nije bio oblikovan za učenje sadržaja iz predmeta Matematika, za 1. i 2. razred osnovne škole, već isključivo za ponavljanje sadržaja, oblikovanog na način da motivira učenike i ne uzrokuje kognitivno opterećenje, te za moguću nadogradnju prethodno formiranih mentalnih modela osnovnih matematičkih pojmova. Samim time, rezultati istraživanja su ukazali na postojeće probleme u predznanju učenika, što se nije moglo ni trebalo nadoknaditi upotrebom *multimedijske instruktivne poruke*.

Hipotezom (**H2**) pretpostavljeno je kako više od polovice učenika postiže točne rezultate pri rješavanju zadataka objektivnog tipa korištenjem *multimedijske instruktivne poruke* za usvajanje odabranog sadržaja iz predmeta Matematika za 3. razred osnovne škole. U skladu s dobivenim rezultatima hipoteza (H2) se odbacuje.

Petim, šestim i sedmim zadatkom provjeravala se učinkovitost *multimedijske instruktivne poruke* za usvajanje novog (odabranog) sadržaja (prirodni troznamenasti broj 101), iz predmeta Matematika za 3. razred osnovne škole: (5 zadatak): prikaz broja 101 u obliku zbrajanja dvaju brojeva; (6 zadatak): prikaz broja 101 u obliku oduzimanja dvaju brojeva; (7 zadatak) prikaz broja 101 na brojevnoj crti.

Rješivost petog zadatka bila je visoka (82,35%), što je pokazalo kako veći broj učenika (N=14) uspješno prikazuje proces zbrajanja dvaju dvoznamenkastih brojeva, što je bilo potpomognuto prikazom iz *multimedijske instruktivne poruke*. Pri tome, 9 učenika (52,94%) je riješilo zadatak sukladno prikazu iz digitalnog nastavnog sadržaja („100+1=101“), a 5 učenika (29,41%) je zadatak riješilo na drugačiji način („51+50=101“). Rješivost šestog zadatka (N=8; 47,06%) pokazuje srednju učinkovitost *multimedijske instruktivne poruke* u procesu razumijevanja sadržaja, odnosno oduzimanju troznamenkastog broja s jednoznamenkastim ili

dvoznamenkastim brojem, s čime se učenici do sada nisu susreli. Sedmi zadatak nije riješio niti jedan učenik, što se može povezati sa rezultatima četvrtog zadatka, gdje se pokazala nedovoljna razina znanja u čitanju, pisanju i brojenju do 100, te određivanju mjesta zadanog broja na brojevnoj crti.

Pretpostavilo se da će više od polovice učenika točno riješiti zadatke (5, 6, 7) za usvajanje novog (odabranog) sadržaja za 3. razred osnovne škole, zbog korištenja *multimedijske instruktivne poruke* kao kognitivnog pomoćnog sredstva. Rezultati su pokazali srednju učinkovitost digitalnog nastavnog sadržaja u razumijevanju troznamenkastog broja 101. Mogući razlozi su: (1) nedovoljna razina predznanja učenika iz sadržaja za 1. i 2. razred osnovne škole; (2) nemogućnost ponovnog pregledavanja sadržaja prilikom rješavanja radnog lista; (3) neučinkovito oblikovana *multimedijska instruktivna poruka* u načinu predstavljanja troznamenkastog broja 101.

Nedovoljna razina predznanja učenika zasigurno je utjecala na zapamćivanje i razumijevanje sadržaja u vezi troznamenkastog broja 101, jer su učenici bili pod kognitivnim preopterećenjem i većim mentalnim naporom pokušavajući shvatiti dio *multimedijske instruktivne poruke* koji je služio ponavljanju sadržaja (od druge do četvrte scene), prije uvođenja novog matematičkog pojma ili troznamenkastog broja 101 (peta scena), (vidi poglavlje 4).

Neučinkovitost multimedijskog instruktivnog prikaza može se pronaći i u nedovoljno razrađenom sadržaju od strane autorice. Međutim, oblikovanje poruke se primarno i striktno temeljilo na empirijski utvrđenim načelima *kognitivne teorije multimedijskog usvajanja znanja*, kako ne bi došlo do kognitivnog preopterećenja učenika i nadilaženja njihovih kognitivnih kapaciteta, što je značilo određenu sinergiju između sadržajnog (govor, slike, tekst, animacija) i tehničkog (vrijeme trajanja poruke, primjena načela u dizajnu poruke, interaktivni elementi) aspekta poruke. Također, kako učenici nisu imali mogućnost pregledavati sadržaj za vrijeme rješavanja zadataka objektivnog tipa, to je isto utjecalo na rezultate istraživanja. Ključni nedostatak poruke leži u njenim neadaptivnim mogućnostima za učenike različitog stupnja predznanja. Kod adaptivnih digitalnih sadržaja korisnici imaju mogućnost proučavati njima nerazumljive dijelove prikaza poruke i biti vođeni u skladu s individualnim kognitivnim potrebama, što neminovno utječe na proces učinkovitijeg usvajanja znanja. Stoga, adaptivni digitalni sadržaji predstavljaju budućnost u primjeni IKT-a u odgojno-obrazovnom okruženju.

6. ZAKLJUČAK

S obzirom na promjene u odgojno-obrazovnom procesu u zadnjih nekoliko godina, značaj tehnologije i digitalnih nastavnih sadržaja je neizmjenno velik. Integracija tehnologije u nastavno okruženje otvorila je nove mogućnosti za interaktivna i angažirana iskustva učenja. Učenici su danas aktivni sudionici koji doprinose kreiranju nastavnog procesa. Iako su učiteljima omogućeni brojni predlošci digitalnih obrazovnih sadržaja, postavlja se pitanje koliko njih je usklađeno s kognitivnim teorijama iz multimedijuskog usvajanja znanja, kako bi se kod učenika postiglo učinkovito i smisleno zapamćivanje i razumijevanje sadržaja.

U ovom radu prikazan je opis razvoja *multimedijske instruktivne poruke* za zapamćivanje i razumijevanje odabranog sadržaja (osnovni pojmovi), iz predmeta Matematika za 1., 2. i 3. razred osnovne škole, koja se koristila u svrhu istraživanja. Pri oblikovanju poruke poštivala su se načela *kognitivne teorije multimedijuskog usvajanja znanja*. Istraživanjem se željela provjeriti učinkovitost razvijene *multimedijske instruktivne poruke* za ponavljanje poznatog i usvajanje novog sadržaja iz predmeta Matematika. Rezultati istraživanja su pokazali nedovoljnu razinu predznanja učenika po pitanju matematičke operacije množenja dvaju prirodnih brojeva; matematičke operacije zbrajanja u skupu brojeva do 20; pisanja i brojenja do 100 te određivanja mjesta zadanog broja na brojevnoj crti. To je uzrokovalo stanoviti mentalni napor zbog kognitivnog opterećenja učenika da uspješno prate multimedijски instruktivni prikaz i neminovno doprinijelo postizanju lošijih rezultata u procesu usvajanja novog sadržaja. Rezultati su potvrdili kako je pri oblikovanju učinkovitog digitalnog nastavnog sadržaja neophodno uzeti u obzir predznanje učenika i odgojno-obrazovni ishod koji se želi postići. To podrazumijeva izradu adaptivnih digitalnih sadržaja koji su prilagođeni obrazovnim potrebama i kompetencijama pojedinog učenika. Zbog toga je važno da se učitelji svakodnevno stručno usavršavaju, kako bi stekli IKT kompetencije potrebne za samostalno izrađivanje adekvatnih digitalnih obrazovnih sadržaja, na motivirajući i kreativan način.

LITERATURA

1. Adobe. Adobe Animate. Animation basic in Animate.
<https://helpx.adobe.com/animate/using/animation-basics.html> Pristupljeno 27. lipnja 2023.
2. Adobe. Adobe Audition. <<https://www.adobe.com/products/audition.html>> Pristupljeno 27. lipnja 2023.
3. Adobe. Adobe Captivate. <<https://www.adobe.com/products/captivate.html>> Pristupljeno 20. lipnja 2023.
4. AVS4YOU. AVS Audio Editor. <<https://www.avs4you.com/avs-audio-editor.aspx>> Pristupljeno 27. lipnja 2023.
5. Baddeley, A. (1992). Working memory. *Science, New Series*, 255 (5044), 556-559.
6. Benassi, V. A., Overson, C. E., Hakala, C. M. (2014). *Applying science of learning in education: Infusing psychological science into the curriculum.* <<https://teachpsych.org/ebooks/asle2014/index.php>> Pristupljeno 20. lipnja 2023.
7. Benček, A., Marenić, M. (2006). Motivacija učenika osnovne škole u nastavi matematike. *Metodički obzori: časopis za odgojno-obrazovnu teoriju i praksu*, 1 (1), 104-117. <<https://hrcak.srce.hr/file/17685>> Pristupljeno 26. lipnja 2023.
8. Bétrancourt, M., Tversky, B. (2000). Effect of computer animation on users' performance: A review. *Le Travail Humain: A Bilingual and Multi-Disciplinary Journal in Human Factors*, 63 (4), 311-329.
9. CARNET (2015). *e-Škole: Cjelovita informatizacija procesa poslovanja škola i nastavnih procesa u svrhu stvaranja digitalno zrelih škola za 21. stoljeće.* Zagreb: Hrvatska akademska i istraživačka mreža – CARNET. <https://www.e-skole.hr/program-e-skole/> Pristupljeno
10. Carroll, J. B. (1993). *Human cognitive abilities: A survey of factoranalytic studies.* Cambridge, England: Cambridge University Press.
11. Chandler, P., Sweller, J. (1991). Cognitive load theory and the format of instruction. *Cognition and Instruction*, 8 (4), 293-332. <<https://ro.uow.edu.au/cgi/viewcontent.cgi?article=1133&context=edupapers>>. Pristupljeno 23. lipnja 2023.
12. Chandler, P., Sweller, J. (1992). The split-attention effect as a factor in the design of instruction. *British Journal of Educational Psychology*, 62(2), 233-246.

13. de Koning, B. B., Tabbers, H. K., Rikers, R. M. J. P., Pass, F. (2007). Attention Cueing as a Means to Enhance Learning from an Animation. *Applied Cognitive Psychology*, 21, 731-746.
14. de Koning, B. B., Tabbers, H. K., Rikers, R. M. J. P., Paas, F. (2009). Towards a Framework for Attention Cueing in Instructional Animations: Guidelines for Research and Design. *Educational Psychology Review*, 21, 113-140.
15. FER (2010). Macromedia Authorware. Fakultet elektrotehnike i računarstva Sveučilište u Zagrebu. <https://www.fer.unizg.hr/e-ucenje_sad/multimedijalne_prezentacije/animacije_i_simulacije/macromedia_authorware>. Pristupljeno 19. lipnja 2023.
16. GIMP. Tutorials. <<https://www.gimp.org/tutorials/>> Pristupljeno 19. lipnja 2023.
17. Höffler, T. N., & Leutner, D. (2007). Instructional animation versus static pictures: A meta-analysis. *Learning and Instruction*, 17(6), 722–738. <<https://psycnet.apa.org/record/2007-18737-010>> Pristupljeno 25. lipnja 2023.
18. Jerbić-Zorc, G, Mišurac, I., Sikirica, M., Sirovina, D., Hajdin, G., Oreški, D., i Plantak Vukovac, D. (2018). *Priručnik za primjenu i izradu e-Škole scenarija poučavanja*. II. izmijenjeno izdanje. Hrvatska akademska i istraživačka mreža – CARNET. <<https://edutorij.e-skole.hr/share/page/document-details?nodeRef=workspace://SpacesStore/b2c5cb3a-025a-4e2b-bbcb-6148613adab1>>. Pristupljeno 1. lipnja 2023.
19. Jović, J. (2021). GIFMaker. e-laboratorij. CARNET. <https://e-laboratorij.carnet.hr/gifmaker/> Pristupljeno 27. lipnja 2023.
20. Jović, J. (2022). Audacity. e-laboratorij. CARNET. < <https://e-laboratorij.carnet.hr/audacity-snimanje-i-obrada-audio-zapisa/>> Pristupljeno 19. lipnja 2023.
21. Kafai, Y. B. (2016). From computational thinking to computational participation in K-12 education. *Communications of the ACM*, 59(8), 26–27. <https://www.academia.edu/27424884/Education_From_Computational_Thinking_to_Computational_Participation_in_K_12_Education> Pristupljeno 26. lipnja 2023.
22. Kalyuga, S., Chandler, P., & Sweller, J. (2000). Incorporating learner experience into the design of multimedia instruction. *Journal of Educational Psychology*, 92(1), 126-136.
23. Lowe, R. K. (2003). Animation and learning: selective processing of information in dynamic graphics. *Learning and Instruction*. 13, 157-176.

24. Ma, L. (2007). *Investigating and Improving Novice Programmers' Mental Models of Programming Concepts*. Doctoral Thesis. University of Strathclyde: Department of Computer & Information Sciences.
<<https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=3c8efb0c95325ac2f6bb38bd3d56fdbe900e4892>>. Pristupljeno 20. lipnja 2023.
25. Mayer, R. E. (2001). *Multimedia learning*. New York: Cambridge University Press.
26. Mayer, R. E. (2005). *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. New York: Cambridge University Press.
27. Mayer, R. E. (2009). *Multimedia Learning* (2nd Edition). Cambridge: Cambridge University Press.
28. Mayer, R. E. (2014). *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. New York: Cambridge University Press, 2nd Edition.
29. Mayer, R. E., Alexander, P. A. (2011). *Handbook of Research on Learning and Instruction*. New York: Routledge.
30. Mayer, R. E., Fiorella, L. (2014). Principles for reducing extraneous processing in multimedia learning: Coherence, signaling, redundancy, spatial contiguity, and temporal contiguity principles. U R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (2nd Edition, 279-315). New York: Cambridge University Press.
31. Mayer, R. E., Sims, V. K. (1994). For Whom Is a Picture Worth a Thousand Words? Extensions of a Dual-Coding Theory of Multimedia Learning. *Journal of Educational Psychology*, 86 (3), 389-401.
32. MZO (2018). Ministarstvo znanosti i obrazovanja. Odluka o donošenju Kurikuluma za nastavni predmet Informatike za osnovne škole i gimnazije u Republici Hrvatskoj: Kurikulum nastavnog predmeta Informatika za osnovne i srednje škole. Narodne Novine 22/2018. <https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2018_03_22_436.html>. Pristupljeno 16. lipnja 2023.
33. MZO (2019). Ministarstvo znanosti i obrazovanja. Odluka o donošenju Kurikuluma za nastavni predmet Matematike za osnovne škole i gimnazije u Republici Hrvatskoj: Kurikulum nastavnog predmeta Matematika za osnovne i srednje škole. Narodne Novine 7/2019. <https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2019_01_7_146.html>. Pristupljeno 16. lipnja 2023.
34. MZOŠ (2006). Ministarstvo znanosti, obrazovanja i športa. Nastavni plan i program za osnovnu školu, Narodne novine 102/2006. <<https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/dodatni/129167.pdf>>. Pristupljeno 16. lipnja 2023.

35. Narayanan, N. H., Hegarty, M. (2002). Multimedia design for communication of dynamic information. *International Journal of Human-Computer Studies*. Special Issue: Interactive graphical communication, 57 (4), 279-315.
36. Ocenaudio (2015). Ocenaudio. What is. <<https://www.ocenaudio.com/whatis>> Pristupljeno 27. lipnja 2023.
37. Park, O., Hopkins, R. (1993). Instructional conditions for using dynamic visual displays: a review. *Instructional Science*, 21, 427-449.
38. Pezelj, M. (2021). Genially. E-laboratorij. CARNET. <<https://e-laboratorij.carnet.hr/genially/>> Pristupljeno 27. lipnja 2023.
39. Raguz, A. (2016). Animatron – Besplatan alat za izradu animacija. E-laboratorij. CARNET. <<https://e-laboratorij.carnet.hr/animatron-besplatan-alat-za-izradu-animacija/>> Pristupljeno 27. lipnja 2023.
40. Redecker, C., Punie, Y. (ur.) (2017). Europski okvir digitalnih kompetencija za obrazovatelje: DigCompEdu. Prijevod i prilagodba: Hrvatska akademska i istraživačka mreža – CARNET. <https://www.e-skole.hr/wp-content/uploads/2020/04/CARNET_digitalne_kompetencije_2020.pdf>. Pristupljeno 16. lipnja 2022.
41. Režić, M. (2022). Kleki – Paint u online verziji. e-laboratorij. CARNET. <<https://e-laboratorij.carnet.hr/kleki-paint-u-online-verziji/>> Pristupljeno 27. lipnja 2023.
42. Rodek, S. (2007). Novi mediji i učinkovitost učenja i nastave. *Školski vjesnik: časopis za pedagošku teoriju i praksu*, 56, (1. - 2.), 165-170. <<https://hrcak.srce.hr/file/122945>> Pristupljeno 20. lipnja 2023.
43. Rogulja, N. (2018). *Razvoj multimedijske instruktivne poruke za programski jezik Logo*. Doktorska disertacija. Sveučilištu u Zagrebu, Filozofski fakultet, Informacijske i komunikacijske znanosti.
44. Širanović, Ž. (2012). *Model oblikovanja multimedijskih obrazovnih web sadržaja*. Sveučilište u Zagrebu. Filozofski fakultet Zagreb. Doktorska disertacija. <https://bib.irb.hr/datoteka/766340.NAEL_A_KOGNITIVNOG_PRI_STU_PA_U_OBLIKOVANJ_A_MULTIMEDIJ_SKIH_OBR_AZOVNIH_E-SADR_AJA.pdf>. Pristupljeno 26. lipnja 2023.
45. Valčić, J. (2017). LunaPic – uredite fotografije u oblaku. e-laboratorij. CARNET. <<https://e-laboratorij.carnet.hr/lunapic-uredite-fotografije-u-oblaku/>> Pristupljeno 27. lipnja 2023.

46. Valčić, J. (2017). Pixlr – brzo i jednostavno uredite slike i fotografije. e-laboratorij. CARNET. <https://e-laboratorij.carnet.hr/pixlr-jednostavno-i-brzo-uredite-slike-i-fotografije/> Pristupljeno 27. lipnja 2023.

PRILOG 1: RADNI LIST

PROČITAJ I RIJEŠI ZADATKE!

1. U PRAZNA POLJA UPIŠI TOČAN ZNAK: > ili <.

$37 \square 40$

$51 \square 22$

$70 \square 82$



$101 \square 98$

2. DOVRŠI RASTAVLJANJE PRIKAZANOG BROJA!

11	=	10 + 1
	=	
	=	

3. PROUČI SLIKE!

Prebroji koliko SVEUKUPNO ima točkica na bubamarama i ispuni prazna polja množeći dva broja.

 $\square \cdot \square = \square$ 

Ukupni broj točkica

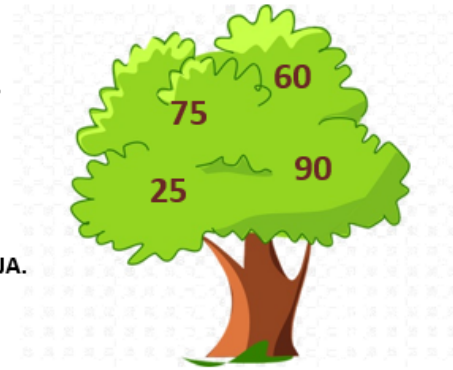
4. NA BROJEVNU CRTU UPIŠI BROJEVE KOJI SE NALAZE NA STABLU.



5. PRIKAŽI BROJ 101 U OBLIKU ZBRAJANJA DVA BROJA.

6. PRIKAŽI BROJ 101 U OBLIKU ODUZIMANJA DVA BROJA.

7. UPIŠI BROJ 101 NA BROJEVNU CRTU.



POPIS SLIKA

Slika 1. Model kognitivne teorije multimedijskog usvajanja znanja. Izvor: Rogulja (2018, 23, prema Mayer, 2014, 52)	3
Slika 2. <i>Screenshot</i> sučelja programa GIMP	10
Slika 3. <i>Screenshot</i> sučelja <i>online</i> alata Pixlr Editor. Preuzeto s https://pixlr.com/hr/e/ (25.6.2023.)	11
Slika 4. <i>Screenshot</i> sučelja Kleki <i>online</i> editora. Preuzeto s https://kleki.com/ (25.6.2023.)..	12
Slika 5. <i>Screenshot</i> sučelja programa Audacity	13
Slika 6. <i>Screenshot</i> sučelja programa Ocenaudio.....	13
Slika 7. <i>Screenshot</i> sučelja programa <i>AVS Audio Editor</i>	14
Slika 8. <i>Screenshot</i> sučelja programa PhotoScapeX	15
Slika 9. <i>Screenshot</i> sučelja Animatron <i>online</i> editora. Preuzeto s https://editor.animatron.com/ (25.6.2023.)	16
Slika 10. <i>Screenshot</i> sučelja Genially <i>online</i> editora. Preuzeto s https://app.genial.ly/dashboard (25.6.2023.)	17
Slika 11. Prva scena: „Djevojčica Maja“	19
Slika 12. Četiri segmenta druge scene: „Rastavljanje broja 10 na pribrojnice“	20
Slika 13. Šest segmenata treće scene: „Množenje dva broja“	22
Slika 14. Dva segmenta četvrte scene: „Brojeva crta“	23
Slika 15. Četiri segmenta pete scene: „Broj 101“	25
Slika 16. Šesta scena: „Kraj“	26

POPIS TABLICA

Tablica 1. Prikaz rezultata prvog zadatka.....	30
Tablica 2. Prikaz rezultata drugog zadatka.....	31
Tablica 3. Prikaz rezultata trećeg zadatka	32
Tablica 4. Prikaz rezultata četvrtog zadatka	33
Tablica 5. Prikaz rezultata petog, šestog i sedmog zadatka.....	34

POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1. Rješivost prvog zadatka	31
Grafikon 2. Rješivost drugog zadatka	32
Grafikon 3. Rješivost trećeg zadatka.....	33
Grafikon 4. Rješivost četvrtog zadatka	34
Grafikon 5. Rješivost petog zadatka.....	35
Grafikon 6. Rješivost šestog zadatka	35
Grafikon 7. Rješivost sedmog zadatka	36

Izjava o izvornosti rada

Izjavljujem da je moj diplomski rad izvorni rezultat mojeg rada te da se u izradi istoga nisam koristila drugim izvorima osim onih koji su u njemu navedeni.

(vlastoručni potpis studenta)