

# Dizajn interakcija u aplikacijama virtualne stvarnosti za učenike s poteškoćama u učenju

---

**Memedović, Laura**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2024**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Split, Faculty of Science / Sveučilište u Splitu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:166:885294>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-17**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Faculty of Science](#)



SVEUČILIŠTE U SPLITU  
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET

DIPLOMSKI RAD

**DIZAJN INTERAKCIJA U APLIKACIJAMA  
VIRTUALNE STVARNOSTI ZA UČENIKE S  
POTEŠKOĆAMA U UČENJU**

Laura Memedović

Split, rujan 2024.

SVEUČILIŠTE U SPLITU  
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET

DIPLOMSKI RAD

**DIZAJN INTERAKCIJA U APLIKACIJAMA  
VIRTUALNE STVARNOSTI ZA UČENIKE S  
POTEŠKOĆAMA U UČENJU**

Laura Memedović

**Mentor:** Doc. dr. sc. Jelena Nakić

Split, rujan 2024.

# Temeljna dokumentacijska kartica

Diplomski rad

Sveučilište u Splitu

Prirodoslovno-matematički fakultet

Odjel za informatiku

Ruđera Boškovića 33, 21000 Split, Hrvatska

## DIZAJN INTERAKCIJA U APLIKACIJAMA VIRTUALNE STVARNOSTI ZA UČENIKE S POTEŠKOĆAMA U UČENJU

Laura Memedović

### SAŽETAK

Rad istražuje ulogu video igara, posebno ozbiljnih igara i tehnologija virtualne stvarnosti, u obrazovanju i rehabilitaciji djece s poteškoćama u učenju. Edukativne video igre obogaćene elementima virtualne stvarnosti motiviraju djecu i utječu na njihov kognitivni, bihevioralni i socijalni razvoj te akademski uspjeh. Iako univerzalni dizajn za sve korisnike ne postoji, istraživanja su izvela smjernice koje olakšavaju prilagodbu igara individualnim potrebama korisnicima s poteškoćama u učenju. Aplikacija opisana u radu temelji se na igri skrivača u trodimenzionalnom virtualnom okruženju te pomaže djeci u učenju prostornih odnosa i vokabulara engleskog jezika. Buduća istraživanja trebala bi se fokusirati na testiranje aplikacije s ciljanom grupom korisnika kako bi se procijenila njezina upotrebljivost.

**Ključne riječi:** ozbiljne igre, virtualna stvarnost, poteškoće u učenju, edukativne igre

Rad je pohranjen u knjižnici Prirodoslovnog-matematičkog fakulteta, Sveučilišta u Splitu

**Rad sadrži:** 49 stranica, 35 grafičkih prikaza i 45 literaturnih navoda. Izvornik je na hrvatskom jeziku.

**Mentor:** **Doc.dr.sc. Jelena Nakić**, docent Prirodoslovno-matematičkog fakulteta, Sveučilišta u Splitu

**Ocjenjivači:** **Doc.dr.sc. Jelena Nakić**, docent Prirodoslovno-matematičkog fakulteta, Sveučilišta u Splitu

**Prof. dr. sc. Ani Grubišić**, redoviti profesor Prirodoslovno-matematičkog fakulteta, Sveučilišta u Splitu

**Prof. dr. sc. Marko Rosić**, redoviti profesor u trajnom zvanju Prirodoslovno-matematičkog fakulteta, Sveučilišta u Splitu

Rad prihvaćen: Rujan, 2024

## Basic documentation card

Thesis

University of Split

Faculty of Science

Department of computer science

Ruđera Boškovića 33, 21000 Split, Hrvatska

### **INTERACTION DESIGN IN VIRTUAL REALITY APPLICATIONS FOR STUDENTS WITH LEARNING DIFFICULTIES**

Laura Memedović

#### **ABSTRACT**

This paper explores the role of video games, specifically serious games and virtual reality technologies, in the education and rehabilitation of children with learning difficulties. Educational video games enriched with virtual reality elements motivate children and influence their cognitive, behavioral, and social development, as well as academic success. Although a universal design for all users does not exist, research has provided guidelines that facilitate the adaptation of games to the individual needs of users with learning difficulties. The application described in the paper is based on a hide-and-seek game in a three-dimensional virtual environment and helps children learn spatial relations and English vocabulary. Future research should focus on testing the application with a targeted group of users to evaluate its effectiveness.

**Key words:** serious games, virtual reality, learning difficulties, educational games

Thesis deposited in library of Faculty of Science, University of Split

**Thesis consists of:** 49 pages, 35 figures and 45 references. Original language: Croatian

**Supervisor:** **Jelena Nakić, Ph.D.** Associate Professor of Faculty of Science, University of Split

**Reviewers:** **Jelena Nakić, Ph.D.** Associate Professor of Faculty of Science, University of Split

**Ani Grubišić, Prof.dr.sc.** Full Professor at the Faculty of Science, University of Split

**Marko Rosić, Prof.dr.sc.** Full Professor of Faculty of Science, University of Split

Thesis accepted: September, 2024

## Sadržaj

1.	Uvod .....	1
2.	Utjecaj video igara na kognitivne sposobnosti .....	3
2.1.	Tehnologije virtualne stvarnosti .....	6
3.	Tehnologija i neurodivergencija.....	8
3.1.	Virtualna okruženja i korisnici s poteškoćama.....	9
3.2.	Poteškoće u učenju .....	10
3.2.1.	Autizam .....	11
3.2.2.	ADHD.....	13
3.2.3.	Disleksija, disgrafija, diskalkulija .....	15
3.3.	Usvajanje jezika i govora .....	18
4.	Smjernice za dizajn interakcija.....	22
5.	Razvoj aplikacije .....	27
5.1.	Korištene tehnologije.....	27
5.2.	Realizacija projekta .....	29
5.2.1.	Prva razina .....	31
5.2.2.	Druga razina .....	35
5.2.3.	Treća razina .....	37
5.2.4.	Četvrta razina.....	41
5.3.	Osvrt na izrađenu aplikaciju.....	45
6.	Zaključak .....	48
	Literatura .....	50

# 1. Uvod

Pojam igre prisutan je u životima ljudi od ranog djetinjstva. U današnje vrijeme uz pomoć tehnologije, iskustva igranja stalno su dostupna djeci i odraslima, u kontekstu zabave, a i rehabilitacije. Dodavanje elemenata igre svakodnevnim aktivnostima, ozbiljne igre, ali i klasične komercijalne igre namijenjene zabavi čine se kao učinkovito terapijsko sredstvo te za utjecaj na razne kognitivne i bihevioralne sposobnosti.

Veliki broj provedenih istraživanja o utjecaju video igara naglašavaju njihov negativan utjecaj povezan s nastankom ovisnosti o video igrama, povećanje razine agresije zbog nasilnih video igara, zanemarivanje obaveza vezanih za školu i slično. Ipak, pojavljuje se sve više istraživanja koja naglašavaju razne pozitivne posljedice igranja. Neka istraživanja opisuju kako igranje video igara može poboljšati vizualno-prostorne vještine i pažnju, dok edukativne igre mogu poboljšati školski uspjeh učenika.

Razvojne poteškoće i otežano učenje individualne su i drugačije kod svakog djeteta. Promjene i disfunkcije u razvoju moždanih funkcija utječu na sposobnosti učenja, komunikacijske vještine, fizičke i bihevioralne sposobnosti u svakodnevnom funkcioniranju. Kako bi se lakše nosilo s tim poteškoćama, potreban je svakodnevni trening i rad s ciljem napretka raznih sposobnosti. U tom kontekstu, terapija igranjem ozbiljnih i edukativnih video igara djeci na zabavan način nastoji približiti nastavni materijal te omogućiti lakše usvajanje sposobnosti koje će im koristiti u svakodnevnom životu.

Korisničko iskustvo (engl. *User Experience*, UX) jedan je od glavnih koncepata interakcije čovjeka i računala (HCI) te njegova primjena u razvijanju video igara postaje sve aktualnija tema istraživanja. Pri dizajniranju sustava u obzir treba uzeti tehnološke karakteristike (odabir ulaznih i izlaznih naprava, stila interakcije), individualne karakteristike korisnika (psihičke i fizičke osobine) te okolinu u kojoj će se odvijati korištenje sustava. Zadatak HCI-a je osigurati razvoj jednostavnih, funkcionalnih, pristupačnih i korisnih sučelja.

Poseban izazov je dizajniranje i implementacija sučelja za djecu s poteškoćama u razvoju i učenju. Pri razvoju takvih aplikacija treba uzeti u obzir i individualne karakteristike korisnika, obzirom da svatko ima različit skup i kombinaciju simptoma kojima se očituje određena teškoća.

Tehnologije virtualne stvarnosti razlikuju se od ostalih tradicionalnijih tehnologija uglavnom zbog velike razine interaktivnosti i osjećaja „uronjenosti“ u virtualno okruženje. Uronjenost može povećati utjecaj učenja tako što se uklone distrakcije iz okoline čime se omogućuje duže održavanje pozornosti. Korištenjem tehnologija virtualne stvarnosti moguće je implementirati ozbiljne igre, video igre koje imaju edukativne elemente te im primarni cilj nije zabava. Velik broj istraživanja potvrdio je, obzirom na usvojeno znanje, da ozbiljne igre osiguravaju motivirajuće i privlačno okruženje za ostvarenje ishoda učenja te generalizaciju i prijenos naučenih vještina na situacije iz stvarnog života. Dizajniranje ozbiljnih igara ujedinjuje teorije učenja s principima dizajna igara kako bi se razvilo jedinstveni alat za intervenciju koji može utjecati na bilo koji ciljani skup vještina, što je za djecu s posebnim potrebama iznimno važno.

U ovom radu proučavano je koje se tehnologije virtualne stvarnosti koriste u današnjem obrazovanju te rehabilitaciji korisnika s poteškoćama u učenju i mentalnom razvoju. Teškoće kao što su autizam, ADHD, disleksija i disgrafija utječu na svakodnevno funkcioniranje pojedinca, usvajanje znanja, akademski uspjeh te socijalne vještine i komunikaciju. Točno određene upute o izgradnji aplikacija za korisnike s navedenim teškoćama ne postoje, obzirom na mnogo individualnih razlika u karakteristikama i sposobnostima pojedinaca. Ipak, svako provedeno istraživanje o izradi aplikacija za rehabilitaciju i obrazovanje pojedinaca s intelektualnim i razvojnim teškoćama doprinijelo je budućem napredovanju takvih sustava čime se povećava zadovoljstvo i uključenost korisnika.

U skladu s tim, pri izradi aplikacije opisane u radu pratile su se smjernice za dizajn virtualnih svjetova izvedene iz dosadašnjih istraživanja. Edukativna aplikacija smještena u virtualnom okruženju na engleskom i hrvatskom jeziku za cilj ima naučiti korisnike s poteškoćama u učenju prostornim odnosima i poboljšati engleski vokabular.



## 2. Utjecaj video igara na kognitivne sposobnosti

Video igra vrsta je igre s audio-vizualnom opremom te se temelji na određenom scenariju gdje pojedinci utječu na to kako će izgledati radnja priče [1]. Jedna od najznačajnijih osobina video igara je to što su interaktivne, igrač uz korištenje opreme za igranje aktivno sudjeluje te na taj način utječe na događaje u igri. Postoji mnogo video igara s različitim tematikama i ciljevima. Igre mogu biti suradničke, natjecateljske, za jednog igrača, s ostalim igračima koji su fizički prisutni ili s tisućama online igrača diljem svijeta, mogu biti na mobilnim uređajima, računalima ili konzolama (npr. PlayStation) [2]. Uglavnom, oprema za video igre uključuje unaprijed programirani program, ulazne (miš, tipkovnica, konzola) i izlazne (ekran, zvuk, slika) uređaje [1].

Rastuća popularnost videoigara izazvala je značajan interes za to kako videoigre mogu promijeniti ljudski mozak i ljudsko ponašanje.

Igre koje nisu namijenjene isključivo za zabavu u literaturi se nazivaju „ozbiljne igre“ (engl. *Serious Games*, SG) te uključuju i edukativnu komponentu [3]. Ozbiljne igre nastaju spajanjem principa dizajniranja igara s teorijama učenja kako bi se stvorio jedinstveni alat za intervenciju u obrazovanju i učenju. Utjecaj igara može biti na razne vještine, kao što su kognitivne, bihevioralne i socijalne, one poboljšavaju stjecanje znanja i kompetencija, čime se stvara odmak od upotrebe igara isključivo za zabavu. Pri razvoju ozbiljnih igara treba postojati ravnoteža učenja i zabave, što se postiže uključivanjem znanja i iskustava stručnjaka, pedagoga i učitelja te programera, dizajnera igara, znalaca o interakciji čovjeka i računala (engl. *Human Computer Interaction*, HCI).

Optimalno učenje u literaturi se definira kao proces tijekom kojega učenik koristi određene vještine kako bi riješio zadani problem, pritom održavajući koncentraciju i zanimanje za učenje [41]. Opisano je trima interaktivnim značajkama: osobne (očekivanja i ponašanje učenika), bihevioralne (sposobnost upotrebe prijašnjeg znanja i primjene prikladnih strategija koje podržavaju učenje) te okolišne značajke (pružanje uputa i povratnih informacija od sustava). Uspješno dizajnirane video igre pružaju korisnicima razne scenarije rješavanja problema koji oponašaju situacije iz svakodnevnog života u kojima se učenici mogu osobno prepoznati. Za prikladno suočavanje s pruženim izazovima, pojedinac prvo treba prepoznati što je problematična situacija, kakva joj je priroda i karakteristike te nakon toga identificirati, planirati i primijeniti potencijalne strategije za ispunjavanje cilja. Takva

interaktivna okruženja ne samo da povećavaju interes i održavaju motivaciju, već i dopuštaju učenicima da napreduju u širokom spektru vještina i sposobnosti rješavanja problema, čime se potiče razvoj kompetencija i daljnje stjecanje znanja.

Mnoge video igre zahtijevaju korištenje vještina za rješavanje problema i planiranje, za neke je potrebno imati brze reflekse i vizualno-motornu koordinaciju, ponekad i razvijene socijalne vještine, što pokazuje njihov utjecaj na širok spektar kognitivnih i bihevioralnih sposobnosti koje upotrebljavamo u svakodnevnom životu [42]. U tablici na Slici 2-1 navedene su različite vještine na koje video igre mogu utjecati: senzorne, vizualno-motorne, kognitivne sposobnosti, pamćenje, brzina i pažnja. Primjerice, pažnja uključuje fokusiranje na bitne aspekte, izvršavanje više zadataka istovremeno, prebacivanje pozornosti među zadacima, pamćenje se odnosi na primjenu naučenih vještina i donošenje odluka, kognitivne vještine utječu na snalaženje u prostoru, planiranje strategija, mentalne prikaze i rotacije predmeta, motivaciju.

Function	Game characteristic
Sensory	
Detection	Complex 3-D setting, targets in clutter
Attention	
Capture	Abrupt-onset events
Select	Discriminate/select significant objects
Switch	Task switching, multitasking
Divide	Multiple foci, track multiple objects
Distribute	Peripheral events
Visuomotor	
Coordination	Aiming, shooting, operating hardware
Speed	Rapid action/reaction
Memory	
Working	Allocate resources, make decisions
Long term	Integrate knowledge
Cognition	
Spatial	Mental rotation, wayfinding, navigation
Analytical	Solve puzzles, devise strategies
Auditory	Speech, game sounds, music
Emotional	Arousal (threat)

Slika 2-1 Kognitivne sposobnosti na koje utječu video igre

Bitno je naglasiti kako poboljšanje kognitivnih funkcija nije zabilježeno za sve vrste igara. Najveći utjecaj imaju akcijske video igre za razliku od igara u kojima se npr. slažu *puzzle* ili imaju određene uloge (engl. *role-playing games*). Ova kognitivna poboljšanja vjerojatno su rezultat vizualno bogatih i dinamičnih trodimenzionalnih prostora koji zahtijevaju brzo donošenje odluka i povećanu pažnju zbog nepredvidivog okruženja. Uz prostorne vještine,

istraživanja su se fokusirala i na to kako su video igre odličan način za razvijanje vještina rješavanja problema koje su temelj svih vrsta igara, što može uključivati primjerice pronalaženje najbržeg puta od jedne točke do druge, potreba za pamćenjem i moćima zaključivanja. Također, dizajneri video igara često daju jako malo informacija o tome kako riješiti neki problem unutar igre, pri čemu daju prostor igračima da istraže mnogo mogućih rješenja temeljenih na prijašnjim iskustvima i intuiciji [39]. Video igre zahtijevaju i određenu razinu vizualno-motorne koordinacije i brzih refleksa. Primjerice, u akcijskim igrama potrebno je brzo detektirati prijetnju, procijeniti razinu opasnosti te reagirati primjereno i brzo, pri čemu ovakve igre pružaju mogućnost poboljšanja igračevih refleksa [40].

Osim razvijanja kognitivnih sposobnosti, iskustva s videoigrama mogu se također prenijeti na mnoga profesionalna područja. Rezultati ispitivanja pokazuju da specifična obuka kroz videoigre, tj. treniranje, poboljšava izvedbu u srodnim profesionalnim zadacima [17]. Učinci prijenosa javljaju se kada zadaci zahtijevaju slične kognitivne sposobnosti pri čemu je utvrđeno da obuka korištenjem simulacija i virtualne stvarnosti može poboljšati izvedbu pilota u stvarnim misijama. To postavlja teorijsku osnovu za budući razvoj sustava obuke igara s ciljem poboljšanja kognitivnih vještina i izvedbi u sklopu raznih profesija. Istraživanje koje ispituje brzinu učenja novih zadataka pokazalo je kako redovito treniranje specifičnih kognitivnih sposobnosti u video igrama poboljšava performanse na sličnim zadacima. Nadalje, rezultati pokazuju kako kognitivna poboljšanja povezana s video igrama možda nisu povezana s općenitim treniranjem kognitivnih sposobnosti, kao što je npr. pažnja, već da je to rezultat čestog korištenja specifičnog kognitivnog procesa tijekom igranja.

Danas, “treniranje” korištenjem video igara postaje jedno od zanimljivijih i obećavajućih područja koje za cilj ima poboljšanje kognitivnih sposobnosti [5]. Jedna od prednosti je to što, u usporedbi s klasičnim učenjem i treniranjem vještina, može biti interaktivnije i zabavnije. Ovo je dovelo do toga da neke tvrtke počinju na tržište stavljati video igre čija je svrha napredak kognitivnih vještina. Primjerice, *Nintendo* je predstavio igru *Big Brain Academy* koja trenira mozak s mnogo aktivnosti koje potiču razmišljanje, pamćenje, analiziranje i računanje.

Autori brojnih istraživanja zaključuju da edukativne video igre mogu biti učinkovit alat za poticanje razvoja raznih sposobnosti i vještina učenika te naglašavaju važnost pažljivog dizajna igara kako bi bile prilagođene potrebama i vještinama ciljane skupine.

## 2.1. Tehnologije virtualne stvarnosti

U današnjem svijetu sve veći napredak u korištenju doživljavaju tehnologije virtualne stvarnosti zbog njihovih mogućnosti primjena kroz različite industrije i ljudske djelatnosti. Razlikuju se 3 pojma [6]: virtualna stvarnost (engl. *Virtual Reality*, VR), proširena stvarnost (engl. *Augmented Reality*, AR) te miješana stvarnost (engl. *Mixed Reality*, MR), gdje MR predstavlja povezanost stvarnog svijeta i virtualnih okruženja, tj. uključuje VR i AR.

Proširena stvarnost (AR) prikaz je stvarnog svijeta koji je obogaćen dodatkom virtualnih elemenata generiranih na računalu čime fizički objekti iz korisnikove okoline postaju interaktivni i digitalizirani. Predlaže se da bi AR sustavi trebali imati 3 karakteristike [6]:

1. Sposobnost stapanja fizičkih i virtualnih objekata u stvarnom okruženju
2. Podržavanje interakcija u realnom vremenu
3. Uključivanje 3D virtualnih objekata

Virtualna stvarnost (VR) predstavlja trodimenzionalno računalno generirano okruženje koje korisnici mogu istraživati i fizički ga doživjeti korištenjem posebne elektroničke opreme [38]. VR omogućava korisnicima interakciju sa sustavom dobivajući informacije preko osjetila kao što su vid, sluh ili dodir. Razlikuje se od ostalih računalnih tehnologija po visokoj razini interakcije i „uronjenosti“ u sustav pri čemu korisnici imaju osjećaj da se potpuno nalaze u virtualnom okruženju. Uronjenost povećava utjecaj učenja uklonjenjem distrakcija i pomaže pojedincima očuvati fokus. U praksi se najviše koriste 3 vrste sustava VR: uređaji koji se nose na glavi pri čemu se virtualni elementi prikazuju izravno pred očima korisnika, primjerice VR naočale (engl. *Head Mounted Displays*, HMD), sustave projekcije virtualnog svijeta na okoliš, npr. zidove, pod ili ploče koje okružuju korisnika te računalne verzije virtualnih svjetova [7]. Postoje dvije karakteristike tehnologije trodimenzionalnih virtualnih okruženja koje mogu utjecati na učenje, to su reprezentacijska vjernost i interakcija učenika. Reprezentacijska vjernost odnosi se na kvalitetu prikaza te razinu realnosti koju pružaju virtualni svjetovi. Komponenta interakcije učenika označava korisnikovu sposobnost da izgradi vlastito virtualno okruženje te kroz interakcije s njime doživi puno iskustvo virtualnih svjetova. Pri dizajniranju sučelja u obzir se trebaju uzeti 3 aspekta bitna za efikasno korištenje virtualne stvarnosti u procesu učenja; konceptualizacija, konstrukcija i dijalog. U fazi konceptualizacije učenici usvajaju temeljno razumijevanje koncepta koji se trebaju naučiti. U fazi konstrukcije učenici grade svoje znanje sudjelovanjem u raznim

aktivnostima, istraživanjem, manipulacijom predmetima ili postavljanjem pitanja. Zadnja faza je dijalog, učenici produbljuju svoje znanje kroz interakciju i rasprave sa drugima.

Pojam koji se sve više pojavljuje u kontekstu razvoja virtualnih svjetova i utjecaja na obrazovanje je *Educational Metaverse*, kraće Edu-Metaverse koji omogućuje učenicima interaktivniji doživljaj materijala za učenje, vježbanje i istraživanje koje se razlikuje od tradicionalnog načina učenja uvođenjem tehnologije i umjetne inteligencije. Kako bi se spriječilo da učenik komunicira isključivo sa sustavom, uvedena je i mogućnost suradničkog rada pri čemu korisnici sudjeluju u raspravama, zajednički rade na projektima, igraju igre, rješavaju probleme iz stvarnog svijeta, pri čemu razvijaju i socijalne vještine. Osobine *Edu-Metaverse* sustava kao što su, uronjenost u sustav, surađivanje i razne inovativne mogućnosti interakcija omogućuju stapanje paralelnih svjetova, stvarnog i virtualnog, u jedinstveno okruženje s mnogim pozitivnim utjecajima na obrazovanje u budućnosti [8]. Takvi sustavi u literaturi nazivaju se pametnim okruženjima (engl. *Smart Environments*) te su u njihovo stvaranje uključeni dizajneri i učitelji kako bi materijali za učenje bili u skladu s interesima, potrebama i sposobnostima učenika [9]. Rezultat ove suradnje je sustav koji pruža podršku učenju, povratne informacije, praćenje napretka te mogućnost da učenici stvaraju vlastite materijale za učenje i prilagođuju ih svojim potrebama.

Primjena tehnologije u klasičnom obrazovanju za djecu predstavlja poticajan, privlačan i stimulirajući alat, potpuno drugačiji od klasičnih metoda učenja na koje su navikli. Zahvaljujući grafičkom sučelju, vizualnim i zvučnim efektima, izazovima, scenarijima te elementima zabave, dijete postaje aktivni sudionik procesa učenja.

### 3. Tehnologija i neurodivergencija

Jedno od glavnih područja istraživanja o literaturi razvojne znanosti proučavanje je neurodivergencije, tj. neurorazvojnih poremećaja kao što su intelektualne poteškoće ili autizam [45]. Pojam neurodivergencija teško je opisati obzirom da ne postoji jedna temeljna definicija kojom bi se mogao obuhvatiti, zbog čega dolazi do raznih pristupa od kojih svaki ima svoje vlastito razumijevanje. U jednom od članaka pokušao se definirati pristup kojim bi se pobliže mogla objasniti neurodivergencija, pri čemu se smatra da postoje dva dominantna modela – medicinski i socijalni model. Medicinski model vidi poteškoće kao zdravstvena stanja ili bolesti tijela i uma te se takve osobe moraju liječiti ili raznim terapijama „normalizirati“ kako bi ih se učinilo sličnijima ostalim osobama „tipičnog“ razvoja. Dakle, medicinski model naglasak stavlja na poteškoću kao nešto što pripada isključivo toj osobi. Socijalni model prikazuje da su teškoće uzrokovane ograničenjima koje društvo nameće pojedincu, tj. više se odnose na društvo nego na osobu s poteškoćama. Osobe možda imaju fizičke ili mentalne poremećaje, ali oni se ne smatraju poteškoćama sve dok ih društvo takvima ne proglasi. Društvo bi se trebalo reformirati na način da se povećava pristupačnost te potakne smanjenje stigmatiziranja i diskriminacije. Neurodivergentni pristup spojio je medicinski i socijalni model te je definirano da je poteškoća rezultat interakcije karakteristika pojedinca i njegove okoline. Na poteškoće se može utjecati mijenjanjem okoline i društva pojedinca (npr. smanjenje stigmatiziranja) ili utjecanjem na osobne karakteristike (npr. učenje novih vještina). Cilj nije na liječenju ili „normaliziranju“ osobe s poteškoćama, već bi ih se trebalo cijeliti i prihvatiti takve kakvi jesu. Uzimajući u obzir ovakav pristup neurodivergentnosti, pri razvoju aplikacija i sustava za korisnike s poteškoćama trebalo bi obratiti pažnju kako bi se određeni sustav mogao prilagoditi vještinama pojedinca te kakvo će doprinijeti njegovoj dobrobiti.

Za potrebe ovog rada, pri proučavanju literature fokus je primarno bio na poteškoćama iz spektra autizma, ADHD-u (engl. *Attention-deficit/hyperactivity disorder*) te teškoćama u čitanju i pisanju (disleksija, disgrafija, diskalkulija). Dan je pregled literature i istraživanja koja su se provela te su na osnovu njihovih saznanja i zaključaka, autori izveli smjernice koje mogu pomoći dizajnerima sučelja i programerima u izradi aplikacija namijenjenih korisnicima s poteškoćama.

### 3.1. Virtualna okruženja i korisnici s poteškoćama

Računala su već duže vrijeme pomoćni alat za njegovatelje, psihologe, učitelje i pojedince s posebnim potrebama. Značajan broj istraživanja opisuje učinkovitost i djelotvornost korištenja tehnologije za asistenciju u svakodnevnom životu, primjerice pri jednostavnijoj komunikaciji s ostalim osobama, koordiniranju dnevnih zadataka, ojačavanju povezanosti s obitelji i prijateljima [17]. Imajući u vidu sve pozitivne aspekte na koje asistivna tehnologija može utjecati, postaje sve bitnije razumjeti potrebe osoba s poteškoćama u razvoju kako ne bi došlo do slučaja da nisu u mogućnosti koristiti sustav zbog neprilagođenosti njihovim osobinama.

Virtualna stvarnost i računalni programi razvijeni za takve korisnike pružaju im emocionalnu angažiranost te osjećaj kontrole okruženja za učenje. Također, veća je vjerojatnost da će se koncepti naučeni tijekom simulacije svakodnevnih situacija moći primijeniti i kada se pojedinac nađe u takvim okolnostima u stvarnom životu [31]. Primjerice, omogućen je trening vještina koji bi potencijalno bio opasan da se odigrava u stvarnoj okolini, kao što je prelazak preko ceste, postupak u slučaju požara i slično.

Virtualna okruženja pružaju stimulanse korisnicima na kontrolirani način te se zadaci mogu prilagoditi ovisno o korisnikovim snagama i slabostima. Intenzivnost stimulansa može se mijenjati kako bi se povećala motivacija, angažiranost i pažnja ili spriječilo opterećenje osjetila. Unutar virtualnog svijeta, pojedinci imaju mogućnost mijenjanja uloga i perspektiva, pritom istu situaciju doživjeti s više različitih točki gledišta čime je korisnicima s teškoćama u socijalnim vještinama omogućeno bolje razumijevanje svojih i tuđih emocionalnih i mentalnih stanja [36]. Ovaj proces proveden je implementacijom virtualnih agenata koji mogu imati ulogu učitelja, prijatelja, suradnika ili nekog pozitivnog uzora.

Raznolikost za dizajn (engl. *Diversity for Design*, D4D) opisan je u literaturi kao okvir koji pruža smjernice za dizajnere sučelja namijenjene neurodivergentnoj djeci [8]. Cilj je uspostaviti metode dizajna koje naglašavaju prednosti djece te ih podržavaju na osnovu njihovih potencijalnih teškoća. Duboka angažiranost s krajnjim korisnicima uz interdisciplinarnu perspektivu osigurava da se prikladni elementi dizajna mogu dijeliti među korisnicima s različitim poteškoćama, što je u prednosti nad dizajnom koji podrazumijeva da je jedan dizajn primjeren za sve korisnike.

## 3.2. Poteškoće u učenju

Poteškoće u učenju (engl. *Learning disability, LD*) poremećaji su u neurološkom razvoju koji utječu na sposobnost efikasnog i prikladnog opažanja i procesiranja verbalnih i neverbalnih informacija iz okoline [10]. Često ove teškoće nisu očite i dijagnosticirane, zbog čega se pojedinci koji ih imaju smatraju lijenima ili neposlušnima, što dovodi do smanjenja samopouzdanja i motivacije za učenje. Poteškoće u učenju uglavnom su kombinacija otežanog funkcioniranja više različitih psiholoških procesa, kao što su govor, razmišljanje, slušanje, pisanje, čitanje, nemogućnost izvođenja matematičkih operacija i slično.

Na službenim internetskim stranicama Europske Unije koje se odnose na uključenost djece s posebnim potrebama u redoviti sustav obrazovanja u Hrvatskoj navodi se sljedeće [11]: „Djeca i učenici s teškoćama su ona djeca i učenici čije sposobnosti u međudjelovanju s čimbenicima iz okoline ograničavaju njihovo puno i učinkovito sudjelovanje u odgojno-obrazovnom procesu na ravnopravnoj osnovi s ostalim učenicima, a proizlaze ponajprije iz tjelesnih, mentalnih, intelektualnih, osjetilnih oštećenja i poremećaja funkcija, a potom i otežanog svladavanja nastavnih sadržaja (u učenju) ili otežane prilagodbe školskim zadacima i aktivnostima (emocionalne smetnje i smetnje u ponašanju)“. U teškoće se ubrajaju djeca s: oštećenjima vida i sluha, poremećajima govorno-glasovne komunikacije, poremećajima u ponašanju, motoričkim oštećenjima, sniženim intelektualnim sposobnostima, autizmom, zdravstvenim teškoćama i neurološkim oštećenjima.

Stvaranje virtualnih svjetova koji nalikuju stvarnim okruženjima pozitivno utječe na učenje novih koncepata i razvoj određenih sposobnosti, što je dokazano istraživanjem gdje se za učenike s teškoćama u učenju razvio virtualni 3D laboratorij za izvođenje pokusa [21]. Kretanjem po laboratoriju učenici su mogli utjecati na razne trodimenzionalne predmete, pomicati ih, proučavati kako određeni fizički zakoni utječu na njih, učiti o sunčevom sustavu i slično. Kroz interakciju s virtualnim objektima uspješnije su se vizualizirali određeni pojmove što je pridonijelo i općenito boljem shvaćanju koncepata te kvalitetnijem usvajanju znanja.

Djeci s poteškoćama u učenju i razvoju potreban je svakodnevni trening kako bi razvili vještine verbalizacije i komuniciranja s drugim osobama. U radu koji se fokusira na te socijalne aspekte [22], predlaže se razvoj prototipa digitalne kuće za lutke koja unapređuje tradicionalnu psihološku terapiju igrom s digitalnim sensorima i računalnom grafikom. Digitalna kuća za lutke pruža uranjajući prostor za djecu koji razvija njihove komunikativne



vještine pomoću igre na računalu. Kategorizirani su i zahtjevi za digitalnu terapiju igrom, koja je bazirana na psihološkim gledištima. Surađivanje inženjera i psihologa u procesu dizajna pokazuje mogućnost da se virtualna kuća za lutke koristi kao način poboljšanja komunikacije te pružanja drugačijih programa treninga za djecu s teškoćama u usporedbi s tradicionalnim načinima intervencije. Virtualna kuća za lutke ima osobine stvarne kuće i okruženja u kojima djeca obitavaju čime se htjelo postići da se djeca osjećaju prirodnije pri korištenju proširene stvarnosti. Mijenjanjem značajki, kao što su npr. paljenje i gašenje svjetla, promjena temperature u kući, mijenjanje okoline koja se može vidjeti kroz prozor, potiče se da dijete verbalno opisuje situacije koje se događaju u kući.

Djeca s razvojnim deficitima često imaju teškoće u izvršavanju svakodnevnih zadataka zbog čega učenje vještina koje bi im pomogle u tome pridonijelo bi njihovoj većoj samostalnosti. S ciljem stjecanja tih sposobnosti, u ispitivanju [9] se razvio edukativni projekt naziva „Waking Up In The Morning“ kojim se predškolicima i učenicima prvih razreda osnovne škole s poteškoćama u razvoju prikazuje uobičajena jutarnja rutina kod kuće, ključni dio razvoja funkcionalnih vještina za samostalan život. Fokus je na aktivnostima koje djeca trebaju izvršiti od trenutka kad se probude ujutro do odlaska u školu. Sustav koristi elemente proširene i virtualne stvarnosti kako bi se simulirao stvarni svijet te elemente igre što će angažirati i motivirati djecu za korištenje sustava. Iako je istraživanje provedeno na manjem broju ispitanika, povratne informacije su bile pozitivne, djeci se svidjelo korištenje tehnologije i interakcija s virtualnim elementima.

### **3.2.1. Autizam**

Autizam je spektar neurorazvojnih poremećaja koji utječe na način na koji pojedinac pridaje smisao svojem okruženju te komunicira i stvara odnose s drugim ljudima. Glavna područja u kojima se javljaju poteškoće u spektru autizma su: socijalna komunikacija i interakcija – uključuje probleme s verbalnim i neverbalnim jezikom, tj. teškoće pri iniciranju i odgovaranju na interakciju, te ograničavajući i repetitivni uzorci ponašanja, interesa ili aktivnosti – teškoće u prilagodbi na nova, nepoznata okruženja ili suočavanje s neočekivanim promjenama [12]. Kod djece predškolske dobi s autizmom, neki od često primijećenih simptoma su otežani i kasni razvoj govora, problemi s motorikom, epilepsija, problemi sa spavanjem i jelom [43]. Za djecu školske dobi, karakteristični simptomi su ADHD, anksioznost, opsesivno kompulzivni poremećaj, intelektualne teškoće koje utječu na akademski uspjeh te ometajuća ponašanja. Postoji mnogo programa i pristupa kojima je

cilj intervencija i rehabilitacija djece i mladih ljudi s dijagnozom autizma. Primjerice, neverbalna djeca mogu imati koristi od virtualnih komunikacijskih sustava za generiranje govora koji se služe slikama i simbolima kako bi komunicirali s drugim osobama. Sve je više intervencija koje su fokusirane na emocionalne i bihevioralne probleme, npr. sustavi fokusirani na anksioznost koji mogu uključivati i sudjelovanje roditelja, koriste vizualne materijale i specifične aktivnosti fokusirane na razumijevanje emocionalnih stanja. Provođenje testiranja i intervencija u školskom okruženju postaju češće korištene u praksi, gdje interakcije autističnih učenika s drugom djecom mogu pružiti više mogućnosti za programe kojima je cilj razvoj socijalnih vještina ili se edukativnim aplikacijama izravno može utjecati na proces obrazovanja i ishode učenja.

Istraživanje koje se provelo u školama na uzorku od 29 učenika s dijagnozom autizma ispitivalo je edukativnu učinkovitost okoline učenja u kojoj djeca sudjeluju u socijalnim interakcijama s inteligentnim virtualnim agentom te gdje druga osoba sudjeluje kao pomoćnik u interakciji [12]. U okruženju za učenje nalazi se virtualni lik koji pomaže djeci pri učenju i napretku socijalnih vještina komunikacije. Interakcija djeteta i okoline odvija se preko ekrana na dodir koji omogućuje djeci manipulaciju različitim interaktivnim predmetima. Virtualni agent uvijek je pružao djeci pozitivne povratne informacije, osobito ako dijete ne ispuni točno neke zadatke, čime se smanjuje djetetova anksioznost pri socijalnim interakcijama te im se pomaže postići osjećaj samo-efikasnosti. Analiza rezultata otkrila je značajan napredak u odgovoru autistične djece na interakcije ljudskih asistenata. Ipak, obzirom na velike pojedinačne razlike unutar grupe autistične djece, rezultati nisu postigli veću značajnost. Vjeruje se kako je studija prezentirana u ovom istraživanju pridonijela stjecanju znanja o tehnologijama koje povezuju umjetnu inteligenciju i ljudske interakcije te njihovom korištenju u učionici, što bi pružilo razne nove pogodnosti učenja za djecu s autizmom. Aktivnosti učenja koje su djeci bile prezentirane kroz igre, pružile su im okruženje s mnogo mogućnosti za sudjelovanje u spontanom komuniciranju. Rezultati evaluacije pokazali su značajan rast u broju odgovora djece na upite ljudskih socijalnih partnera, tj. učitelja ili rehabilitatora, što je impliciralo i napredak u razvoju socijalnih vještina.

Studija literature koju su proveli Alzahrani i suradnici [17] fokusirala se na upotrebljivost sučelja, osobito kako animacije utječu na korisnike s autizmom. Neznatna distrakcija za druge može biti vrlo utjecajna za autistične pojedince. Animacije mogu imati veći utjecaj na njih, obzirom da na web stranicama mogu imati visoko kontrastne elemente ili upadljiv

dizajn, koji potencijalno može zaokupiti pažnju pojedinca i odvratiti ga od stvarnog zadatka. Osobe s autizmom sklonije su koncentriranju na potencijalno nebitne elemente koji im odvrćaju pažnju. Uzimajući u obzir sposobnost fokusiranja na zadatak, autističnim korisnicima pozornost može vrlo brzo biti zaokupljena animacijama, slikama i pop-upovima na web stranici čime se smanjuje mogućnost efikasnog izvršenja zadatka, što naglašava važnost pažljivog korištenja interaktivnih elemenata.

### **3.2.2. ADHD**

Djeca s dijagnozom poremećaja hiperaktivnosti i deficita pažnje (ADHD) doživljavaju mnogo različitih poteškoća koje su povezane s tri primarna simptoma: hiperaktivnost - pojedinac se stalno kreće, čak i u situacijama kada to nije primjereno, neprestano tapka, priča, meškoli se, često ne može održati normalan razgovor s drugima, tj. previše priča ili prekida druge jer ne može dočekati svoj red; nepažnja – pojedinac često zaboravlja obaveze, teško zadržava na zadatku, ne može održati fokus na aktivnostima za koje je potrebno duže vrijeme za rješavanje, ostavlja zadatke napola riješene i prelazi na sljedeće; impulzivnost - pojedinac djeluje bez razmišljanja, ima problema sa samokontrolom, donosi odluke bez promišljanja o dugotrajnim posljedicama. Najčešći oblik ADHD-a ima kombinaciju osobina iz sva tri područja što može negativno utjecati na akademski i socijalni uspjeh djece tijekom školovanja te se u nekim slučajevima javljaju i dodatne poteškoće u učenju, npr. disleksija i disgrafija [13]. Prilikom intervencija koje uključuju osobe s dijagnozom ADHD-a bitno je uzeti u obzir ozbiljnost simptoma te prisutnost drugih neuro-razvojnih i mentalnih stanja te kako oni utječu na svakodnevni život [44]. Intervencije provedene u školskom okruženju za cilj mogu imati utjecaj na čimbenike u učionici, npr. minimiziranje distrakcija, uputstva za učitelje, prijedlozi prikladnijih tehnika podučavanja, poticanje suradničkog učenja među djecom te utjecaj na socijalne vještine ili sposobnosti samo-regulacije emocija i ponašanja učenika s ADHD-om.

Ozbiljna igra naziva The Secret Trail Of Moon izrađena je s ciljem napretka raznih kognitivnih vještina pacijenata s ADHD-om [32]. Testiranjem s korisnicima dobivene su povratne informacije kojima je omogućen uvid u nedostatke intervencije, ali i pozitivne aspekte, čime će se moći unaprijediti budući razvoj edukativnih igara. Prototip igre sastojao se od 5 mini igara korištenjem tehnologija virtualne stvarnosti; svaka je za cilj imala utjecaj na različite kognitivne sposobnosti, kao što su suzbijanje impulzivnih reakcija, pozornost, brzina procesiranja informacija. Scenarij igre temeljio se na putovanju djece kroz šumu pri

čemu su se trebali rješavati razni zadaci i tako približiti konačnom završetku igre. Nakon detaljne analize literature, istraživači su, zbog činjenice da su djeca s ADHD-om sklona razvijanju ovisnosti o video igrama, testiranje ograničili na 25 minuta dnevno. Svaka mini igra za cilj je imala utjecaj na drugačije kognitivne sposobnosti; održavanje pažnje i kontrolu impulzivnih radnji, radnu memoriju, vizualno-prostorne sposobnosti, planiranje sljedećeg koraka i zaključivanje. Nakon testiranja s korisnicima, rezultati su pokazali da su igre bile zabavne, intuitivne, lako razumljive te prikladne duljine. Igre koje su bile najdinamičnije i interaktivnije najviše su se svidjele korisnicima. One koje su dobile najslabije ocjene, za korisnike su bile teško rješive i nakon višestrukih pokušaja ispunjavanja zadatka. Ovo je bio dokaz ispitivačima da se teže razine trebaju uvoditi postepeno kako ne bi došlo do potencijalnog opadanja motivacije.

Projekt fokusiran na utjecaj intervencija digitalnih tehnologija na pismenost djece koja su sudjelovala u istraživanju [13], za cilj je imao implementaciju sustava koji će pozitivno utjecati na sposobnosti čitanja i pisanja djece s ADHD-om tako što su se postojeći materijali za učenje unaprijedili utjecajem AR tehnologije. Može se pretpostaviti da kada djeca sudjeluju u izvršavanju zadataka koja zahtijevaju visoku razinu koncentracije i pažnje, primjerice čitanje i pisanje, što je za djecu s ADHD-om vrlo izazovno, dodavanje zanimljivih i inovativnih značajki korištenjem virtualne stvarnosti, poboljšava njihove ishode učenja utjecanjem na koncentraciju i procese radne memorije. Primjeri značajki koje se mogu koristiti su: zapisana pravila, vizualne rutine, vizualne upute za učenje, korištenje boja, grafike, virtualnih objekata te kartica s pojmovima. Uz dokazane napretke u učenju, istraživanje označava nekoliko prednosti korištenja AR sustava u obrazovanju, pri čemu je najznačajniji napredak motivacije učenika, angažiranost, poboljšanje pamćenja te zadovoljstvo procesom učenja.

Tehnologije virtualne stvarnosti osim terapijskog i edukativnog učinka na pojedince s poteškoćama u ponašanju, mogu pomoći i pri dijagnozi i otkrivanju određenih poremećaja. U jednom od istraživanja [33], testom za analiziranje ADHD-a proučavala se pažnja, impulzivnost, brzina obrade informacija i motoričke sposobnosti ispitanika između 6 i 16 godina te koliko je test efikasan u očitavanju različitih simptoma ADHD-a. Testiranje se provodilo u virtualnom okruženju uz korištenjem naočala za trodimenzionalni prikaz okoline, uređaja koji se nosi na glavi (engl. Head Mounted Display) s ugrađenim sensorima pokreta i slušalicama. Virtualno okruženje prikazuje učionicu u kojoj se ispitanik nalazi kao učenik sjedeći za stolom. Pokreti glave detektiraju se sensorima koji se nalaze u naočalama,

kut gledanja se ažurira te pojedinac ima osjećaj kao da se zapravo nalazi u učionici i gleda oko sebe. Test se sastoji od 3 razine koje ispitanicima objašnjava virtualni učitelj. Cilj prve razine je da se ispitanika uvede u virtualni svijet tako što treba pronaći balone i puknuti ih. Na sljedećoj razini korisnik treba pritiskati određenu tipku sve dok ne čuje ili ne vidi riječ „jabuka“. Na zadnjoj razini trebali su pritisnuti tipku samo kada vide ili čuju broj 7. Osim brzine reagiranja mjerila se i kontrola impulzivne reakcije. Krajnji rezultati potvrdili su da je korišteni test ispravan u velikoj većini dijagnosticiranja simptoma ADHD-a, pri čemu se razlike javljaju pri analizi istih varijabli pod različitim okolnostima, primjerice ispituje se brzina reagiranja, ali na različite načine. Postoje i neka ograničenja istraživanja koja bi se trebala uzeti u obzir; bilo bi poželjno da je broj ispitanika na kojima se test koristi veći te da se evaluacija simptoma proširi i na ostale funkcije, kao što su planiranje, radna memorija, kognitivna fleksibilnost, obzirom da i one igraju važnu ulogu pri dijagnozi ADHD-a i stvaranju potpunijih dijagnostičkih profila.

### **3.2.3. Disleksija, disgrafija, diskalkulija**

Disgrafija je poremećaj učenja povezan s teškoćama u pisanju, pri čemu su vještine pisanja na niskoj razini razvoja obzirom na dob ili mentalni razvoj pojedinca. Važno je naglasiti da je disgrafija često prisutna i kod osoba koje imaju dijagnoze drugih poteškoća u učenju, primjerice disleksiju, diskalkuliju ili ADHD, ali to nije pravilo, što ukazuje na veliku raznolikost karakteristika pojedinaca i dijagnoza. Stručnjaci često povezuju disgrafiju s poteškoćama u vještinama vizualne percepcije, što se odnosi na sposobnosti pridavanja značenja i analiziranje onoga što se vidi kako bi se izvršio zadatak [14]. Poteškoća koja je često povezana s disgrafijom je disleksija koja utječe na čitanje, pisanje, razumijevanje riječi i značenja. U današnje vrijeme jedan je od najčešćih poremećaja u djetinjstvu koje nastaje zbog problema u razvoju središta u mozgu zaslužnih za kratkotrajnu memoriju, motoričke vještine, procesiranje jezika, pričanje, vizualno-prostorne sposobnosti, pozornost [15]. U slučaju video igara, mnogi korisnici s disleksijom suočavaju se s problemima pristupačnosti sučelja kao što su složenost kontrola i komandi, otežano razumijevanje teksta zbog njegove veličine, boje ili fonta, komplicirani scenariji, kontrole koje se ne mogu personalizirati [34]. Kod pojedinaca s dijagnozom diskalkulije, u literaturi [35] se navodi otežano razumijevanje matematičkih koncepata, javljaju se teškoće kod: razumijevanja značenja brojevanih prikaza, uspoređivanja brojeva, donošenja zaključaka na osnovu relativno jednostavnih formula ili matematičkih postupaka, vizualiziranja grupa predmeta, uspoređivanja većih i manjih

predmeta, predočavanja niza brojeva u rastućem ili padajućem rasporedu, izvođenja temeljnih matematičkih operacija (zbrajanje, oduzimanje, množenje, dijeljenje).

Kod nekih pojedinaca javlja se nemogućnost razumijevanja prostornih koncepata [16]. Jedna od osobina virtualnih svjetova, mogućnost kontrole okruženja u kojem se odvija učenje, dopušta mijenjanje svojstava, npr. broj, veličina, lokacija. Zahvaljujući toj karakteristici, djeca mogu poboljšati razumijevanje prostornih odnosa; veliko, malo, usko, široko, ispred, iza, na, ispod, prvi, zadnji, spoji, razdvoji, unutra, izvan, te koncepata vezanih za količinu: mnogo, malo, sve, ništa, više, manje, puno, prazno.

Primarni cilj istraživanja povezanog s učenicima koji imaju poteškoće u čitanju [20], bio je razviti kognitivnu intervenciju baziranu na igri. Učenik na platformi za učenje stvara svoj profil te ima mogućnost igranja nekoliko edukativnih igara pri čemu se prati njegov uspjeh i napredak. Kroz igre, sudionici razvijaju vizualne sposobnosti, verbalnu radnu memoriju, vještine percepcije i pažnje, organizacije i planiranja. Također, istraživanje pruža i upute sa smjernicama za dizajn igara koje mogu pomoći dizajnerima i programerima u razvoju edukativnih igara za djecu s poteškoćama u učenju. Učitelji pri radu s djecom, osobito oni koji rade s djecom s poteškoćama u učenju, trebaju imati tehnike dizajnirane u skladu s individualnim potrebama učenika kako bi se poboljšali ishodi učenja za sve učenike. Razumijevanjem ciljane populacije za koju se izrađuje aplikacija, dizajneri mogu stvoriti igre koje su u skladu s kognitivnim sposobnostima, vještinama komunikacije te stilovima učenja. Intervencije fokusirane na kognitivni razvoj mogu pružiti bitna saznanja na ovom polju. Sve započinje od činjenice da svako dijete ima velik potencijal za učenje, od kojeg se u učionici prikazuje samo mali dio. S time na umu, intervencije koje se fokusiraju na kogniciju mogle bi pomoći pojedincima da počinju više iskorištavati svoje postojeće snage.

Disgrafija i njen utjecaj na smanjene sposobnosti vizualne percepcije utjecala je na stvaranje istraživanja kojim se nastojala ispitati vizualna percepcija na vještine pisanja i rukopis. Klasični klinički test vizualne percepcije prikazao se u obliku igre s 3 razine težine [14]. Tijekom igranja nosio se uređaj za praćenje pokreta očiju ispitanika. Zadaci su uključivalo precrtavanje zadanog crteža, nadopunjavanje slike, praćenje linija i slično. Pomoću ovog eksperimenta nastojalo se unaprijediti metode za pravovremeno otkrivanje disgrafije kod učenika.

Praćenjem smjernica za dizajn sustava namijenjenog korisnicima s disleksijom, provedeno je istraživanje u kojem se izradila aplikacija za pomoć u učenju disleksičnim učenicima te budući razvoj terapija za razne kognitivne funkcije [34]. Igra naziva „*Puzzle Pieces*“

temeljena je na principu da rješavanjem izazova, igrač testira svoje vještine, rezultati se prikupljaju i na kraju analiziraju. Postoje dvije mini igre, „*Order Cards*“ i „*Complete Words*“. U „*Order Cards*“ igri, igraču se na ekranu prikazuje određen broj slučajno odabranih karata čiji redoslijed treba zapamtiti te kasnije, kada se karte izmiješaju, postaviti ih u početni položaj. Kognitivne vještine koje se testiraju su pamćenje, vizualno razlikovanje predmeta, pažnja i planiranje. U „*Complete Words*“, igraču je na desnoj strani ekrana prikazana slika, a na lijevoj 18 slova koje treba posložiti tako da dobije naziv predmeta na slici. Svaki naziv predmeta na slici izgovoren je naglas te korisnik može poslušati audio zapis kad god poželi. Vještine na koje je naglasak u ovoj igri su: prepoznavanje zvukova u govoru, pozornost, auditorno i vizualno razlikovanje, sposobnost razumijevanja značenja riječi, vizualna percepcija. Neke značajke izgleda aplikacije su pozadine u boji za privlačenje pozornosti, veći font, jednostavne rečenice i upute, zvučni efekti, razine na kojima se težina može samostalno mijenjati tako da korisnik može efikasnije raditi na razini primjerenoj svojim sposobnostima. Na kraju igre, podaci se spremaju na server i terapeut ih analizira. Podaci sadrže bitnu statistiku kao što je vrijeme potrebno za rješavanje zadataka, broj pogodaka i grešaka, razina težine. Razvijena aplikacija predstavlja jedan od početnih koraka prema razvoju kvalitetnijeg razvoja edukativnih tehnologija. Istraživači su naveli da im je sljedeći cilj ispitati aplikaciju na većem broju korisnika i tijekom dužeg vremena prilikom čega će se moći detaljnije analizirati utjecaj video igara na disleksiju.

Virtualno okruženje izrađeno u istraživanju s ciljem utjecanja na sposobnosti pojedinaca s diskalkulijom, sastojalo se od više igara koje su obuhvaćale identificiranje brojeva, brojčane nizove, uspoređivanje brojeva, koncepte parnosti i neparnosti te aritmetičke operacije zbrajanja, oduzimanja, množenja i dijeljenja [35]. Okruženje je implementirano na način da se dijete može slobodno kretati po okolini, pristupati igrama bez određenog rasporeda tako da neke zadatke može rješavati koliko god puta želi dok ne prijeđe razinu i usvoji zadane koncepte. Mehanizmi za kaznu pri netočnim odgovorima nisu implementirani, čime se izbjegla frustracija zbog gubitka. Nakon testiranja igre s ispitanicima, zabilježen je pozitivan učinak intervencije – djeca su bila uzbuđena pri sudjelovanju u testiranju te su pokazivali više truda, samostalnosti i angažiranosti pri rješavanju matematičkih problema u učionici. Statističkom analizom nakon provedenog ispitivanja pokazano je da su djeca nakon korištenja virtualne edukativne igre povećala sposobnost izražavanja niza brojeva u rastućem poretku, poboljšalo se rješavanje jednostavnih aritmetičkih operacija te su napredovali u povezivanju verbalne i vizualne reprezentacije brojeva.

### 3.3. Usvajanje jezika i govora

Obzirom na područja u kojima djeca mogu imati poteškoće, kao što su komunikacija i interakcija, kognicija i učenje, socijalne, emocionalne, fizičke i teškoće s mentalnim zdravljem, učenje stranog jezika predstavlja dodatni izazov [23]. Savladavanjem izazova kojima se suočavaju osobe s teškoćama u učenju stranog jezika, moguće su brojne pozitivne posljedice, primjerice, učenici s otežanom komunikacijom i socijalnim interakcijama, kao što su oni s dijagnozom autizma, mogu učenje stranog jezika doživjeti kao priliku za razvoj socijalnih vještina i napredak u odnosima s drugim ljudima. Ipak, razumijevanje individualnih potreba i ograničenja djeteta temelj su za razvoj prikladnih metoda učenja stranog jezika.

Komunikacijske vještine vrlo su bitne za razvoj djeteta i njihov socijalni, emocionalni i kognitivni razvoj. Velik broj djece s posebnim potrebama imaju i poremećaje u govoru, pri čemu dolazi do zakašnjelog razvoja govornih vještina ili nemogućnosti adekvatnog izražavanja. U jednom od istraživanja korištenjem trodimenzionalnog virtualnog okruženja za razvoj igara naziva „*Second Life*“ razvijena je simulacija za učenike s posebnim potrebama s ciljem poboljšanja govornih sposobnosti, materinjeg jezika - kineskog, vokabulara te struktura rečenica [37]. U ispitivanju su sudjelovala 4 učenika između 8 i 9 godina koja uz poteškoće pri razvoju jezičnih sposobnosti, imaju i dijagnozu autizma, ADHD-a ili blage mentalne retardacije. Ispitivanje koje se provelo tijekom 2 ciklusa u trajanju od 3 mjeseca za cilj je imalo razvoj platforme koja će utjecati na razvoj materinjeg jezika kod ispitanika. Prikupljeni podaci uključivali su promatranja iz učionice, videa procesa učenja te intervjue s učenicima i njihovim roditeljima nakon provođenja eksperimenta. Virtualni svijet sastojao se od 8 scenarija s kojima se djeca susreću u svakodnevnom životu, kao što su prostorije u kući, igralište, trgovina, javni prijevoz te koji sadrže predmete i događaje za interakciju. Materijal za učenje prikazan je učenicima na zabavan i interaktivan način tijekom istraživanja okoline, primjerice u trgovini mogu naučiti nazive namirnica, slagati jednostavne rečenice za kupovinu, a klikom na interaktivni predmet čuje se i izgovor naziva tog predmeta. Uklopljene su neke od temeljnih osobina igara; pružanje povratnih informacija, izazovi koje treba ispuniti, pustolovine, istraživanje, nagrade. Sudionicima je omogućeno učenje pomoću igranja igre te dobivanje povratnih informacija u stvarnom vremenu. Nakon provedenog eksperimenta i intervju s djecom pokazano je kako je virtualno edukativno okruženje utjecalo na brojne pozitivne čimbenike



u kontekstu terapije jezičnih poteškoća. Djeca su navela nekoliko ishoda učenja: povećali su vokabular novim riječima, poboljšana je sposobnost slaganja rečenica, naučili su da trebaju biti oprezni kad prelaze preko ceste i prate svjetla na semaforu, mogli su se bolje koncentrirati na zadatak i duže zapamtiti naučeno gradivo.

Poboljšanje vokabulara engleskog jezika kod učenika s teškoćama u učenju i njemačkim kao materinjim jezikom, u provedenom ispitivanju nastojalo se ostvariti korištenjem interaktivnih priča, kartica za učenje te sustava nagrađivanja i praćenja napretka tijekom igranja [24]. Polazna pretpostavka bila je da različiti načini prezentiranja nastavnih materijala, primjerice verbalno i vizualno, pomažu učenicima bolje usvojiti znanje i duže zapamtiti pojmove. Korištenjem interaktivnih priča, novi vokabular uklopljen je na način da djeca nemaju samo popis riječi koje treba naučiti, već se one uvode postepeno kroz priču, čime dolazi do kvalitetnijeg pamćenja, osobito ako je kontekst povezan s interesima učenika ili situacijama iz svakodnevnog života. Kartice su prikazivale riječ koju treba naučiti te popratnu ilustraciju, čime su učenici prvo aktivirali vizualni sustav prepoznavanjem slike te nakon toga verbalni kako bi izgovorili tu riječ. Uspješnim rješavanjem zadataka skupljali su bodove i nagrade, te je napredak učenika prikazan grafovima što je pomoglo u predočavanju samo-efikasnosti i daljnjoj motivaciji za učenje. Rezultati su pokazali da su učenici bolje usvojili nastavni materijal pomoću opisanih pristupa, a ponovljeno ispitivanje nakon 3 tjedna potvrdilo je da su učinci intervencije i dalje postojani.

Djeca s dijagnozom autizma, obzirom na kognitivna oštećenja, imaju ograničene komunikacijske vještine, zbog čega su skloniji korištenju neverbalnih komunikacijskih vještina, kao što su vikanje ili neartikulirani zvukovi, zbog čega učenje vokabulara predstavlja velik izazov, osobito učenje stranog jezika [19]. Korištenje tehnologije virtualne stvarnosti u razvoju mobilne aplikacije za cilj ima pružiti djeci s dijagnozom autizma okruženje za učenje engleskog vokabulara samostalno i vlastitim tempom. U aplikaciju su ukomponirani 3D elementi za koje je u prijašnjim istraživanjima dokazano da su jako zanimljivi pojedincima s autizmom. Aplikacija radi na principu da učenici dobiju kartice sa slikama, skeniraju ih mobitelom te dobiju trodimenzionalnu sliku pojma koji se nalazi na kartici. Rezultati istraživanja pokazali su kako je aplikacija pomogla u učenju vokabulara na zabavniji i interaktivniji način te je i potaknula njihov interes i motivaciju za učenje stranog jezika, pružila mogućnost učenja i izvan škole te je stimulirala vještine izgovora i artikulacije. Obzirom na sve veći utjecaj tehnologije u životima djece, nije bilo većih problema pri korištenju aplikacije. Interaktivno i šareno okruženje bilo je vrlo privlačno

djeci, osobito realistične 3D animacije koje su pomogle djeci da bolje vizualiziraju pojmove i povežu riječi sa stvarnim životom.

Disleksija ne utječe samo na čitanje i pisanje na materinjem jeziku, već i na učenje stranih jezika. Djeca s disleksijom uglavnom teže rješavaju zadatke fonološke prirode koji zahtijevaju raspoznavanje suptilnih razlika među izgovorenim riječima. Fonološki zadaci odnose se na sve što je povezano s fonologijom, tj. zvukovnim sustavom jezika ili zvučnim aspektima riječi i govora. Obzirom da disleksični učenici otežano čitaju, očekivano je da je učenje bazirano na govoru prigodnije za usvajanje stranog jezika nego baziranje na čitanje. U skladu s ovom pretpostavkom, u jednom od istraživanja izrađena je aplikacija za učenje engleskog jezika čiji je fokus bio na slušanju i izgovoru riječi [25]. Djeca su podijeljena u dvije skupine, oni koji imaju dijagnozu disleksije i oni bez poteškoća u učenju. Usvajanje engleskog vokabulara temeljilo se na dva načina - aplikaciji s elementima video igre i klasično učenje bez igre, pri čemu je svaka skupina jedan dio testiranja koristila video igru, a drugi učenje bez elemenata igre. Cilj je bio proučiti hoće li djeca s disleksijom bolje usvojiti gradivo pomoću edukativne igre ili bez. U igri djeca su se mogla kretati po virtualnom prostoru te tražiti kartice s riječima na engleskom i popratnom ilustracijom tog pojma. Svaki put kad bi pronašli karticu, čuli bi tu riječ izgovorenu prvo na njihovom materinjem jeziku te onda na engleskom. Zadatak je da djeca ponove tu riječ najbolje što mogu, njihov izgovor se analizira te na osnovu koliko su uspješno ponovili riječ, dobiju određen broj bodova. Što je veći broj bodova, to je veći prostor za istraživanje unutar igre. Verzija aplikacije bez elemenata igre sastojala se od popisa riječi koje trebaju izgovoriti, nije bilo nikakvog virtualnog svijeta za istraživanje, korištene boje bile su crna i bijela te se nisu dobivali nikakvi bodovi i nagrade nakon točnog izgovora. Rezultati istraživanja pokazali su da su disleksični učenici ostvarili bolji uspjeh u verziji aplikacije bez elemenata igre, na osnovu čega su istraživači zaključili da bi za djecu s disleksijom, barem one sa slabijim fonološkim vještinama kao u ovom istraživanju, aplikacije s jednostavnim dizajnom bez mnogo elemenata koji bi mogli zaokupiti pažnju bile bolja opcija. Važno je obratiti pažnju na činjenicu da iako se u ovom slučaju učenje bez elemenata igre pokazalo uspješnijim, to ne znači da edukativne igre nisu dobra tehnika za učenike s disleksijom. Primjerice, edukativne igre i njihovi zabavni elementi mogli bi motivirati djecu da češće koriste aplikaciju i pritom usvajaju korisne vještine, što bi moglo imati dugotrajniji učinak od aplikacija bez elemenata igre. Ipak, predloženo je da su za djecu s disleksijom primjerenija jednostavna sučelja bez mnogo detalja.

Kako bi se ispitaio utjecaj video igara na učenje engleskog jezika kod djece s ADHD-om, provedeno je istraživanje koje je video igrama pokušalo djeci predočiti nastavni materijal i utjecati na bolje usvajanje znanja [26]. Proučavale su se promjene u razini hiperaktivnosti prije i tijekom intervencije te kako su video igre utjecale na pažnju učenika. Nastavni materijal bio je početni vokabular blizak učenicima; pozdravi i osobne informacije, boje, članovi obitelji, hrana, prijevozna sredstva i slično. Video igre koje su se primijenile bile su traženje određenih predmeta sa sustavom nagrađivanja kada se prikupe traženi predmeti, virtualna okruženja koja su se mogla izgraditi te razne slagalice. Prednost igara je što se uputstva i okruženja u kojima se odvija igra mogu postaviti na bilo koji jezik koji se želi naučiti, u ovom slučaju to je bio engleski. Rezultati su pokazali povećanje pažnje i vrijeme učenja pri korištenju video igara. Svi učenici s ADHD-om uspjeli su smanjiti svoje vrijeme hiperaktivnosti, pri čemu je najveći uspjeh postigao učenik koji je s otprilike 17 minuta trajanja hiperaktivnosti u mjerenju prije istraživanja došao do 3 minute. Svi sudionici pokazali su želju za igranjem i daljnjim učenjem, što je pokazalo da im se svidio način prikazivanja nastavnog materijala kao izazova koje treba prijeći. Ipak, obzirom na prirodu ADHD-a, zabilježeno je kako se pozornost učenika počela smanjivati kada bi aktivnosti trajale duže od 25 minuta, što je istraživačima bio znak da se u budućem radu s ovom vrstom poteškoće koriste pauze ili kraći intervali aktivnosti.

## 4. Smjernice za dizajn interakcija

Interakcija čovjeka i računala disciplina je koja se bavi dizajniranjem, razvojem i implementacijom interaktivnih računalnih sustava namijenjenih čovjeku pri čemu se koriste brojna saznanja iz psihologije, sociologije, lingvistike, dizajna itd. Pojam koji se često veže uz HCI je upotrebljivost (engl. *usability*), tj. jednostavnost korištenja sustava pri čemu se treba obratiti pažnja na sljedeće stavke [27]:

- Učinkovitost – mogu li korisnici ostvariti svoje ciljeve pomoću sustava?
- Efikasnost – koliko brzo korisnici mogu postići svoje ciljeve?
- Sposobnost učenja – je li sustav jednostavan za korisnike koji se prvi put susreću s njim?
- Pamtljivost – pamte li korisnici kako koristiti sustav nakon vremena neaktivnosti?
- Upravljanje pogreškama – kako sustav rukuje greškama te kako pomaže korisnicima u ispravljanju grešaka?
- Zadovoljstvo korisnika – sviđa li se korisnicima sustav?

Pri dizajniranju interaktivnog sustava bitno je uzeti u obzir tehnološke karakteristike (odabir prikladnih ulaznih i izlaznih naprava, stila interakcije), individualne karakteristike korisnika te okolinu u kojoj će se sustav koristiti. Obzirom na temu rada i korisnike s poteškoćama u tjelesnom ili intelektualnom razvoju, ovaj dio vrlo je bitan te se izrada takvih aplikacija i sučelja treba pomno proučiti.

Sljedeća područja pružaju mogućnost dodatnog istraživanja u području aplikacija za djecu s poteškoćama u učenju [20]:

- Proširenje sadržaja igara → sustavi bi trebali uključiti širi raspon aktivnosti kako bi se utjecalo na više različitih poteškoća. Ovo podrazumijeva stvaranje novih igara koje se fokusiraju na vokabular, gramatiku, pisanje itd.
- Personalizacija i prilagodljivost → uvođenje svojstava koja se mogu prilagoditi specifičnim potrebama pojedinca, primjerice upravljanje težinom zadataka tijekom igranja, upravljanje bojom i veličinom slova na zaslonu, mogućnost pauziranja igre

- Elementi igara → integracija dodatnih osobina igara kao što su nagrade ili mogućnost surađivanja s drugim igračima doprinosi povećanju zabave i motivacije te razvoju socijalnih vještina
- Poboljšanje pristupačnosti i korisnosti → provođenje testiranja na korisnicima te primjena povratnih informacija osigurava da je sustav intuitivan i prikladan za djecu s različitim kognitivnim sposobnostima
- Procjena dugotrajnog utjecaja → provođenje longitudinalnih istraživanja, praćenje napretka sudionika tijekom dužeg perioda te analiza rezultata pomogla bi u stjecanju konkretnijih spoznaja

Pri razvoju interaktivnih sučelja, u literaturi se naglašava važnost suradničkog dizajna (engl. *Participatory Design, PD*) kao rješenja potencijalnih problema pri razvoju asistivne tehnologije [28]. PD je proces tijekom kojega dizajneri i krajnji korisnici surađuju kod razvoja sustava, pri čemu obje strane pridonose vlastitim iskustvima. Završni izgled sustava idealno bi trebao kombinirati korisnikova iskustva vezana za tehnološke zahtjeve te znanja dizajnera kako nabolje implementirati te zahtjeve u sustav. Sudjelovanje u procesu dizajniranja kod djece može potaknuti pozitivne emocije kao što su ponos, veća kompetentnost i samopouzdanje, odgovornost te razvoj vještina kao što su kreativnost, socijalne vještine, grupni rad.

U sustavu koji uključuje pojedince različitih fizičkih i psihičkih karakteristika, svaka intervencija trebala bi biti prilagođena individualnim snagama više nego deficitima, s tim da su terapijski pristupi personalizirani obzirom na potrebe pojedinca [12]. Prikladne prilagodbe trebale bi se provoditi unutar okoline osobe kako bi se olakšao i podupirao njihov angažman u socijalnim i interpersonalnim interakcijama. Fokusiranje na snage, a ne na deficite te važnost prilagodljive okoline koje će osigurati uspjeh intervencija, već duže vrijeme predstavljaju ključ uspješnih edukativnih praksi. Ovo gledište također je u skladu s težnjama istraživanja o umjetnoj inteligenciji u obrazovanju, gdje su prilagodbe u stvarnom vremenu na jedinstvene potrebe i postupke učenika u središtu interesa.

Postoji nekoliko izvora iz tradicionalnih načina terapije za intervencije i podršku osoba s poteškoćama u učenju. Ovi izvori uglavnom su pripremljeni za škole i obitelji; ne za razvoj računalne tehnologije. Ipak, određen broj navedenih preporuka može biti primijenjen i na tehnologiju [7]. Neke od ključnih smjernica su: pružanje realističnih stimulansa koji su relevantni za područje zadatka treniranja, pružanje visoko strukturiranog, organiziranog i sistematiziranog sadržaja i okruženja za učenje, prilagođavanje sustava u odnosu na potrebe

pojedince, pružanje fleksibilnosti i alternativnih načina učenja, korištenje sažetog jezika i kratkih rečenica kako bi se spriječilo odvratanje pažnje nakon nekoliko rečenica, naglašavanje ključnih riječi, dopuštanje ponavljanja zadataka koji se uče.

Pristupačnost je karakteristika sustava i okruženja koji omogućuju korištenje neovisno o stanju ili poteškoći pojedinca. Razvojem video igara, povećan je i broj korisnika s teškoćama u razvoju koji ne mogu potpuno doživjeti video igru zbog nedostatka značajki pristupačnosti. Neke od smjernica za razvoj pristupačnijeg dizajna su [34]:

- Izbjegavanje kompliciranih scenarija video igara, ako su opisi opširni ili previše apstraktni, postoji opasnost od neshvaćanja cilja i smisla igre ili nastavnog materijala koji se treba usvojiti. Zbog tog razloga, primjerenije je koristiti jednostavni jezik u kojem su eksplicitno navedeni ciljevi.
- Podnaslovi i titlovi, osobito za korisnike s disleksijom omogućuju bolje shvaćanje informacija.
- Postepeni razvoj od lakših do težih zadataka sprječava nagli prijelaz na složenije zadatke zbog čega može doći do nemogućnosti korisnika da usvoji željene ishode učenja te izgubi motivaciju za daljnji rad.
- Uvođenje podsjetnika na ciljeve igre pomaže korisnicima s problemima u pamćenju ili pojedincima koji trebaju odmor tijekom igranja da ne zaborave što se zapravo traži u igri i koji je njihov zadatak. Podsjetnici se mogu cijelo vrijeme nalaziti na ekranu, na zahtjev korisnika ili u određenim vremenskim intervalima.
- Mogućnost pauziranja ili ponovnog prikazivanja teksta na ekranu omogućuje korisnicima, a posebno onima s poteškoćama u čitanju, da svojim tempom pročitaju i procesuiraju dane informacije.

Povratne informacije koje će sustav pružiti korisniku također su vrlo bitne, osobito za djecu s poteškoćama koji svijet percipiraju na drugačiji način od djece s normalnim razvojem. Dobivanjem povratnih informacija učeniku se skreće pažnja na bitnije dijelove zadataka, ukazuje na dijelove gradiva koje je potrebno detaljnije obraditi te im se pružaju korektivne informacije tako da mogu ispraviti pogrešno naučene koncepte i dalje napredovati u učenju. Za djecu s poteškoćama u čitanju kao što je disleksija, dokazano je da imaju slabije vještine procesiranja govora te rada verbalne kratkotrajne memorije, zbog čega se često javlja nemogućnost razumijevanja verbalnih povratnih informacija. Istraživanje provedeno na tu temu ispitalo je kako različite grupe djece reagiraju na izgovorene povratne informacije kada pogriješe tijekom igranja edukativne igre [29]. Obzirom na slabije sposobnosti verbalne

i slušne memorije kod djece s disleksijom, većina ispitanika ignorirala je pružene povratne informacije te su nastavili igru. Pri razvoju edukativnih igara treba uzeti u obzir specifične zahtjeve grupe za koju se aplikacija dizajnira, u ovom slučaju djece s disleksijom. Poznavajući njihovu prirodu, primjer dobre prakse bio bi pružiti povratne informacije koje će „natjerati“ dijete da stane, prouči i razmisli o napravljenoj pogreški što će kasnije utjecati na sveukupni uspjeh učenja.

Uz razvoj aplikacija koje su namijenjene djeci, potrebno je obratiti pažnju i na ulogu učitelja u procesu obrazovanja i korištenju aplikacija za učenje. Iako su se edukativne igre pokazale kao učinkovito sredstvo, nekoliko istraživanja potvrdilo je da za učitelje nisu toliko korisne obzirom da u većini aplikacija vide samo krajnji rezultat ili bodove koje su učenici ostvarili, a cjelokupni proces učenja i dolaska do rezultata nije vidljiv. Na osnovu tih saznanja, proveden je eksperiment u kojem je razvijena edukativna dječja igra za učenje engleskog jezika koja se temelji na principima analitike učenja (engl. *Learning Analytics*, LA) [30]. LA obuhvaća skup metoda mjerenja, prikupljanja i izvještavanja o podacima učenika s ciljem boljeg razumijevanja i optimiziranja učenja i okruženja u kojem se odvija. Tijekom procesa igranja, za svakog učenika ili grupu bilježilo se vrijeme provedeno na različitim aktivnostima, krivi odgovori, ponovni pokušaji te su se svi ti podaci prikazivali na kontrolnoj ploči igre koja se automatski ažurirala. Na taj način, učiteljima je omogućeno da u bilo kojem trenutku vide napredak učenika, imaju li problema s nekim zadacima te pravovremeno reagiraju u slučaju otežanog razumijevanja gradiva. Učenici također imaju uvid u svoje podatke, što se dokazalo kao koristan način održavanja motivacije za nastavak igranja i učenja. U ovom kontekstu, edukativne igre mogu motivirati učenika, ali njihova motivacija počinje opadati kada postanu naviknuti na proces igranja. Dakle, integracija nadzorne ploče koja naglašava napredak i uspjehe učenika, ali i aspekte na kojima treba dodatno raditi, predstavlja učinkovit način održavanja motivacije i želje za daljnje učenje. Usprkos potencijalu tehnologija virtualne stvarnosti implementiranih u proces obrazovanja, još uvijek postoji odmak od njene primjene u praksi. Uzrok tome može biti nerazumijevanje i razne miskonceptije koje učitelji imaju u odnosu na korištenje tehnologije u procesu učenja. Prije korištenja takvih tehnologija u učionici, učitelji bi se trebali educirati i istražiti sve aspekte i mogućnosti koje sustav pruža, što doprinosi učinkovitijem iskorištavanju značajki sustava za prijenos znanja na učenike. Rastući utjecaj modernih tehnologija dosadašnju ulogu učitelja kao primarnog izvora znanja pretvara u „pratitelja“, tj. „suradnika“ asistivnih

tehnologija, učenicima daje uputstva i smjernice pri radu s multimedijalnim obrazovnim materijalima.

Dizajniranje interakcija za učenike s posebnim potrebama vrlo je zahtjevno, obzirom da svaki pojedinac ima jedinstveni skup poteškoća te ne postoji neki jedinstveni okvir za razvoj sučelja. Ipak, postoje neke karakteristike koje su većinom zajedničke; čest gubitak koncentracije, pridavanje pažnje stvarima koje nisu povezane sa zadacima učenja, otežano razumijevanje uputa i pamćenje naučenog [31]. Predložene metode poučavanja za učenike su: korištenje informacija koje stimuliraju više osjetila (vizualne, auditorne, kinestetičke), praktični i konkretni primjeri kako bi se predočio nastavni materijal, implementacija jednostavnih sučelja bez previše nepotrebnih detalja koji bi mogli odvratiti pažnju s materijala za učenje, direktni i strukturirani zadaci.



## 5. Razvoj aplikacije

U svrhu istraživanja izrađena je aplikacija korištenjem alata *CoSpaces EDU*. Pomoću aplikacije ispitalo bi se je li dizajn interakcije i način na koji se aplikacija koristi primjerena za dijete s teškoćama u učenju, ali i koliko uspješno je dijete usvojilo željene ishode učenja.

Tema aplikacije osmišljena je uz pomoć stručnjaka iz Rehabilitacijskog centra Inkludo u Splitu. Centar je osnovan kao udruga kojoj je zadatak poboljšanje, razvoj i promicanje kvalitete života djece s poteškoćama. Stručni tim čine edukacijski rehabilitator, psiholog, logoped, odgojitelj, učitelj razredne nastave, specijalist rane intervencije u edukacijskoj rehabilitaciji, fizioterapeut i kineziolog. Međusobnom suradnjom te znanjima iz područja zdravstva, socijalne skrbi i obrazovanja pružaju korisnicima usluge specijalističkih procjena, psihosocijalne podrške te pomoći pri uključivanju u programe redovitog obrazovanja.

Prilikom dizajniranja aplikacije, u obzir su se uzela saznanja o dizajnu interakcija iz proučenih istraživanja. Izrađena aplikacija prikazuje trodimenzionalno virtualno dvorište u kojem se trebaju pronaći zadani predmeti i životinje. Okolina i pojmovi odabrani su obzirom na jednu od smjernica – poželjno je uklopiti pojmove iz svakodnevnog života koji su već poznati djetetu, u ovom slučaju to su igračke i životinje [24][37].

Preporuka je da sučelje ne bude natrpano raznim slikama, animacijama i predmetima kako se djetetu ne bi odvrtila pažnja, ali i kako bi ostao fokusiran na ono što je bitno za rješavanje zadatka [34]. Rečenice kojima su opisani zadaci na svakoj razini su jednostavne i sažete kako učenik ne bi trebali provesti previše vremena čitajući uputstva. U engleskoj verziji igre koristio se osnovni vokabular bez kompliciranih riječi i rečenica, a uključuje nazive boja i životinja. Okvir s popisom predmeta koji se trebaju pronaći cijelo vrijeme ostaje na ekranu tako da se učenik može prisjetiti ako zaboravi što je cilj. Težina razina se postepeno povećava, na prvoj razini traži se samo jedan pojam i ispituje prostorni odnos, na sljedećim se uvodi više predmeta koji se trebaju pronaći te nazivi boja.

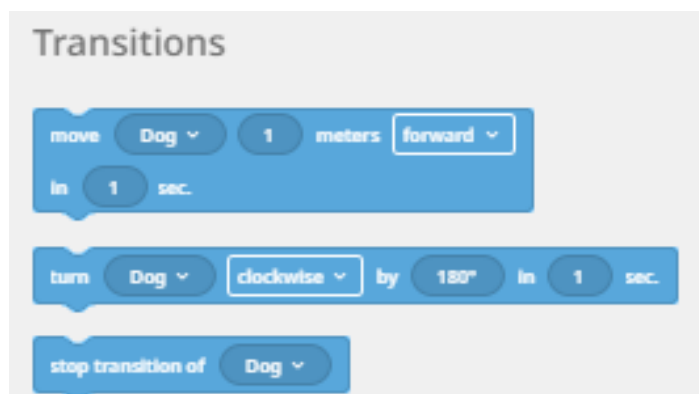
### 5.1. Korištene tehnologije

*CoSpaces EDU* je online aplikacija dostupna na svakom web pregledniku za čije korištenje na računalu, tabletu ili mobitelu nije potrebna prethodna instalacija. Aplikacija omogućuje

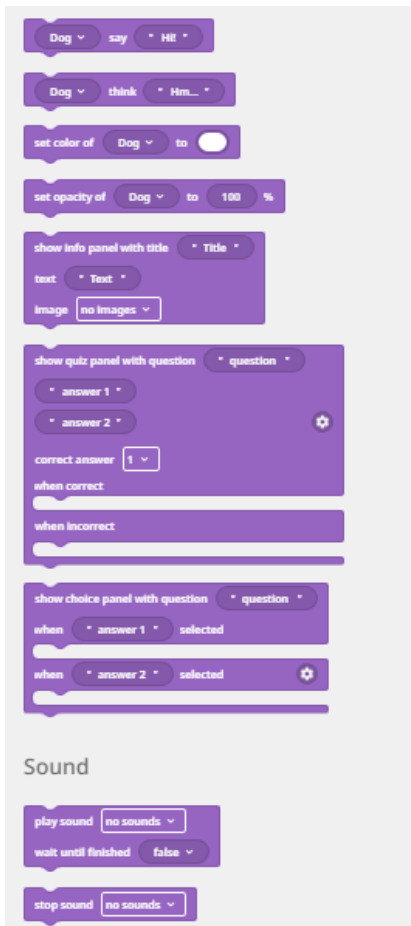
korisnicima izgradnju vlastitih virtualnih svjetova, 3D objekata, kodiranje uz pomoć blokova te dodatno obogaćivanje projekata korištenjem virtualne i proširene stvarnosti.

Rad u sučelju kod djece potiče razvoj digitalne pismenosti, vještina kodiranja te pruža inovativne načine kojima se može unaprijediti i obogatiti obrazovanje i sadržaji za učenje. Također, učiteljima omogućuje stvaranje virtualnih učionica, interaktivnih materijala za učenje te praćenje napretka učenika.

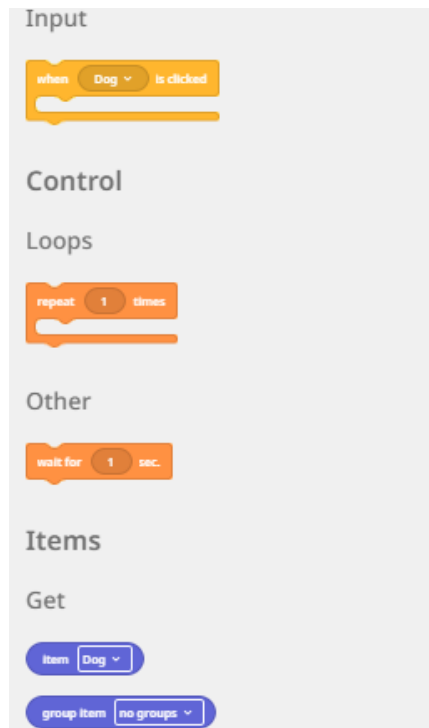
Kod je implementiran pomoću opcije *CoBlocks*, blokovi s naredbama se slažu jedan za drugim. Obzirom da je aplikacija izrađena u besplatnoj verziji, nije bilo moguće koristiti sve značajke sustava. Primjerice, od naredbi za grananje bila je dostupna jedino naredba IF, tako da se implementiranje slučaja kada se točno ili netočno odgovori na pitanje trebalo realizirati sa više ugniježđenih IF naredbi. Na slikama su prikazani dostupni blokovi podijeljeni u kategorije, tranzicije, tj. pomicanje predmeta na slici 4-1, akcije koje će se dogoditi obzirom na neko prijašnje stanje sa slike 4-2 te blokovi za input, pokretanje neke akcije, petlja s određenim brojem ponavljanja, blok za pauzu prije pokretanja sljedećeg događaja te blokovi za grupiranje pojmova na slici 4-3.



Slika 5-1 Blokovi za tranzicije



Slika 5-2 Blokovi za akcije



Slika 5-3 Blokovi za događaje, petlje i grupiranje predmeta

## 5.2. Realizacija projekta

Za potrebe istraživanja izrađena je edukativna video igra koja za cilj ima naučiti djecu s poteškoćama u učenju koncepte prostornih odnosa, prijedloge (ispred, iza, na, ispod, pokraj, između) i boje.

Druga verzija aplikacije je na engleskom jeziku i služi za razvoj engleskog vokabulara, ali također i učenje prostornih odnosa, prijedloga (engl. *in front, behind, on, under, next to, between*) i boja, kao i u hrvatskoj verziji.

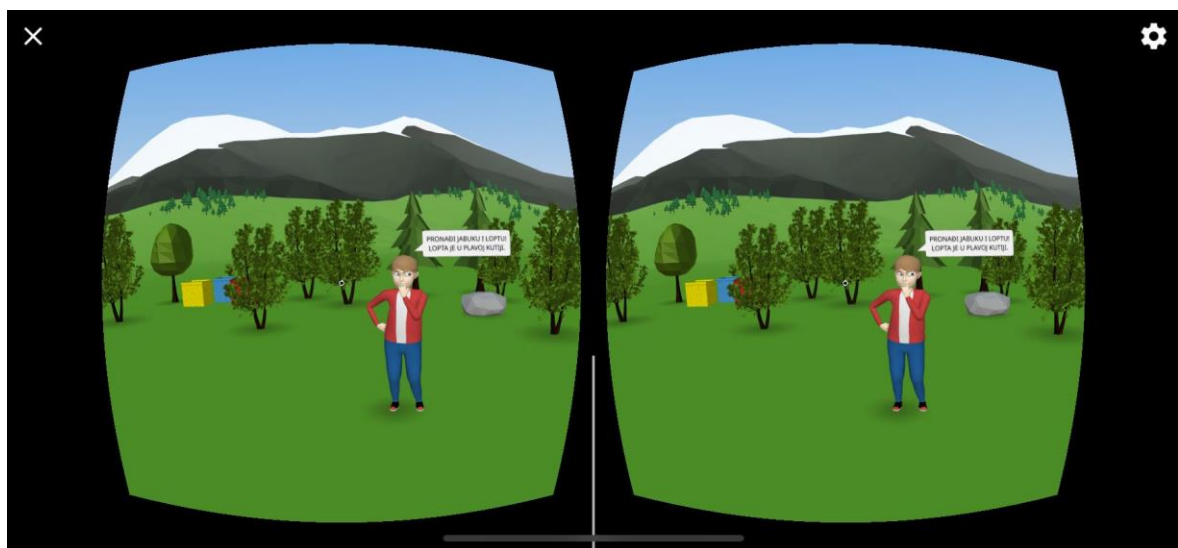
Aplikacija se temelji na igri skrivača u virtualnom trodimenzionalnom okruženju gdje učenik treba pronaći tražene predmete. Po prostoru se u računalnoj verziji kreće pomoću strelica na tipkovnici, a klikom na desni klik miša i njegovim pomicanjem omogućeno je gledanje oko sebe. Na mobitelu se pritiskom na strelice dijete kreće naprijed i natrag, a pomicanje ekrana prstom simulira gledanje oko sebe. Bitna prednost mobilne verzije je što se klikom na ikonu

u desnom donjem kutu pojavljuju opcije za prikaz aplikacije u VR-u, AR-u ili korištenjem gyro prikaza, vidljivo na slici 5-4.



Slika 5-4 Opcije promjene prikaza u mobilnoj verziji

Opcija VR prikaza zahtjeva korištenje VR naočala, a pokretanjem takvog prikaza bez naočala zaslon izgleda kao na slici 5-5.



Slika 5-5 Zaslon nakon pokretanja VR prikaza bez VR naočala

Uključivanjem AR prikaza omogućeno je smještanje okoline na bilo koju površinu iz stvarnog svijeta, pokazano na slici 5-6, čime se dodatno dobije dojam kao da se dijete stvarno nalazi u tom okruženju.



Slika 5-6 Okruženje smješteno na površini iz stvarnog svijeta uz opciju AR prikaza

Treća opcija je *gyro* prikaz kod kojega se pomicanjem mobitela mijenja i okolina, tj. okretanjem mobitela oko svoje osi i dijete dobije dojam da se stvarno okreće oko svoje osi. Igra se sastoji od 4 razine, na svakoj razini trebaju se pronaći zadani predmeti te kada se pronađu, odgovoriti na pitanje koje ispituje u kojem je prostornom odnosu traženi predmet s okolinom ili pitanje vezano za boju.

### 5.2.1. Prva razina

Izgled dvorišta po kojem se dijete treba kretati i pronalaziti predmete, ujedno i prva razina igre, prikazana je slikom 5-7. Virtualni lik dječaka nalazi se na svakoj razini i daje upute djetetu koji se predmeti traže. Cijelo vrijeme tijekom igranja tekstni okvir ostaje na ekranu, u slučaju da dijete zaboravi što treba pronaći. Slika 5-8 prikazuje početni ekran koji će dijete vidjeti pri prvom pokretanju engleske verzije igre (isti takav je i u hrvatskoj verziji).



Slika 5-7 Izgled virtualnog dvorišta



Slika 5-8 Početni ekran engleske verzije igre

Prvi zadatak je pronaći psa, a prostorni odnos je *iza*, u engleskoj verziji *behind*. Dijete se započinje kretati po dvorištu, kada ga pronađe i klikne na njega, pojavi se pitanje na koje dijete treba točno odgovoriti kako bi se prešlo na sljedeću razinu. Hrvatska i engleska verzija pitanja vidljive su na slikama 5-9 i 5-10.

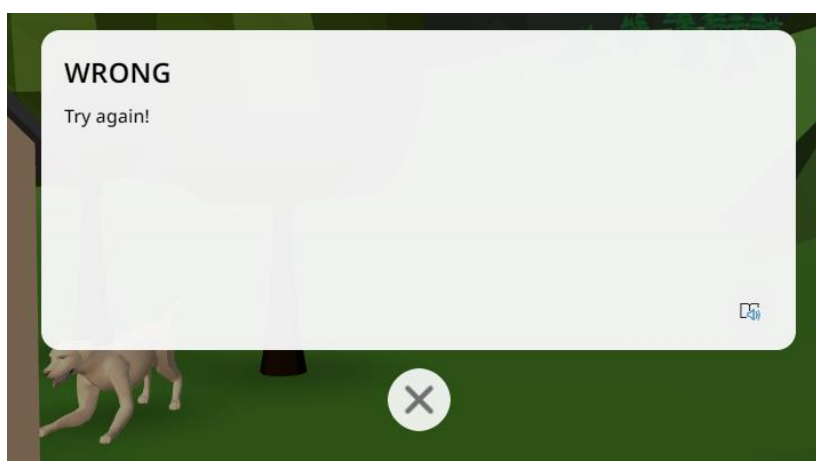


Slika 5-9 Pitanje u hrvatskoj verziji



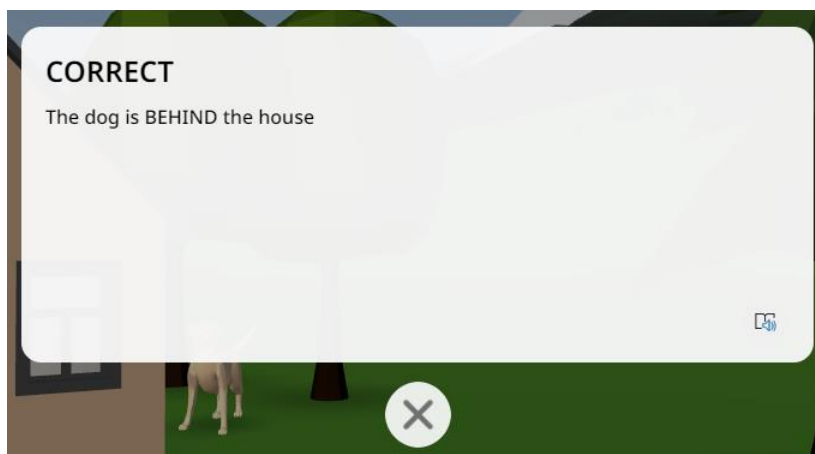
Slika 5-10 Pitanje u engleskoj verziji

Ako se odgovori netočno, prikazuje se poruka kao na slici 5-11.



Slika 5-11 Poruka nakon netočnog odgovora

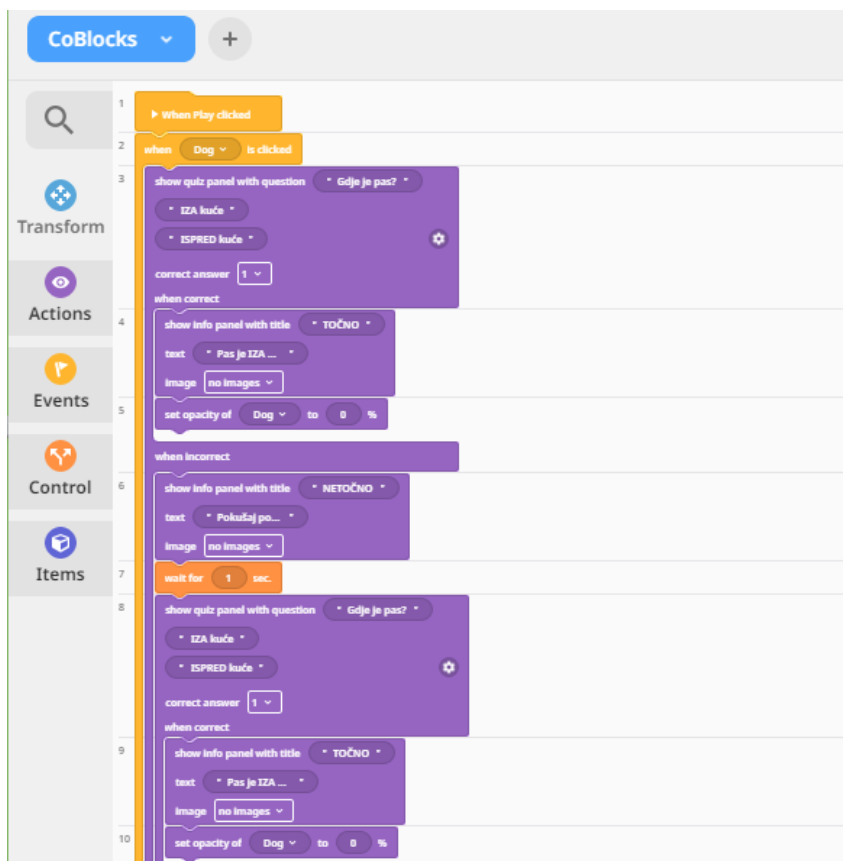
Nakon točnog odgovora, na ekranu se ispisuje poruka da je odgovor ispravan te se ponovo naglašava pozicija psa, prikazano na slici 5-12.



Slika 5-12 Poruka nakon ispravnog odgovora

Dio koda, prikazan slikom 5-13, implementiran je na način da kada dijete pronade psa i klikne na njega, pojavi se okvir sa pitanjem. U slučaju točnog odgovora, ispiše se poruka da je pas pronađen te on nestaje sa ekrana kako bi se pokazalo da je predmet pronađen i da je razina uspješno završena. Ako se odgovori netočno, ispiše se poruka da se pokuša ponovo te se pojavi okvir s pitanjem. Kao što je već navedeno, obzirom da se radi o besplatnoj verziji sustava, nisu bile dostupne sve mogućnosti za implementaciju petlji pa su slučajevi obzirom na odgovore djeteta implementirani korištenjem višestruke naredbe IF. Sve razine sadrže ovako implementiran kod za provjeravanje ispravnosti odgovora.

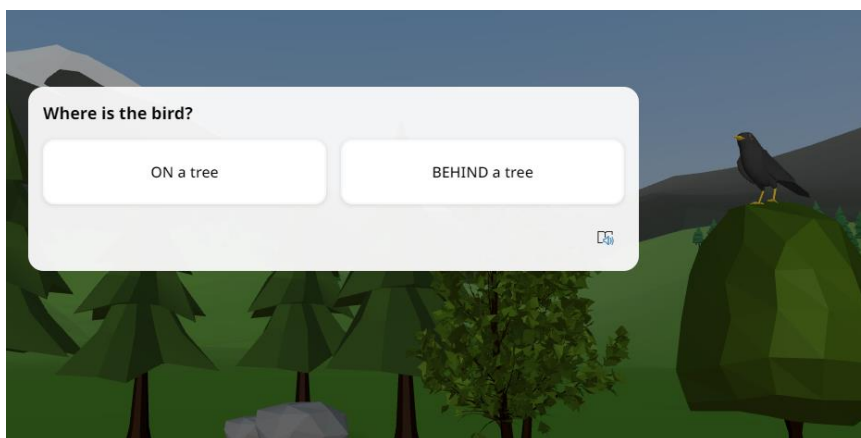




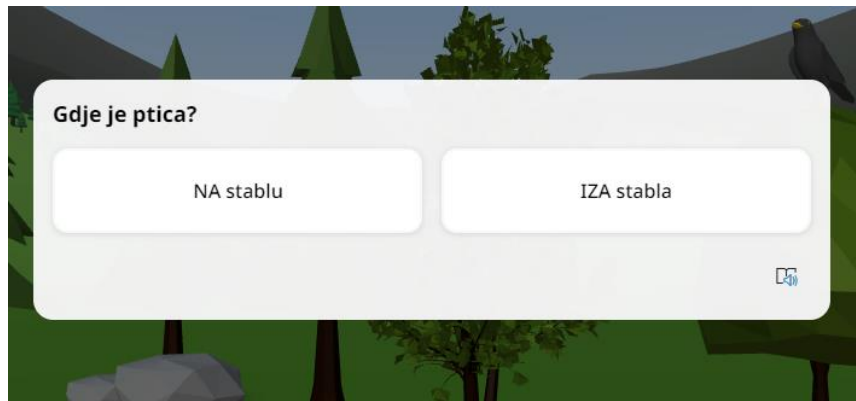
Slika 5-13 Kod za prvu razinu

## 5.2.2. Druga razina

Na drugoj razini dijete treba pronaći dvije životinje, pticu i mačku, a prostorni odnosi koji se ispituju su *ispod* i *na*, u engleskoj verziji *under* i *on*. Pitanje koje je postavljeno kada se pronađe ptica formulirano je jednako kao i ono sa prve razine, prikazano na slikama 5-14 i 5-15.

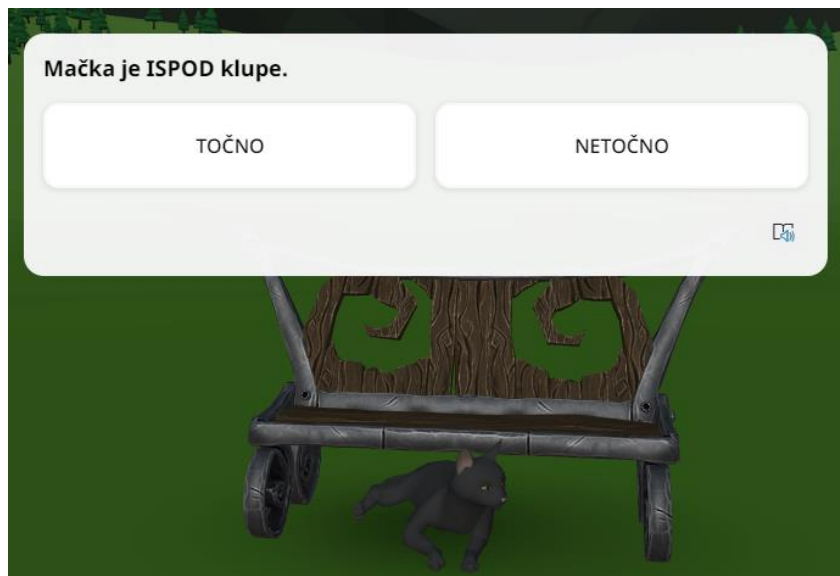


Slika 5-14 Pitanje za pronalazak ptice na engleskom

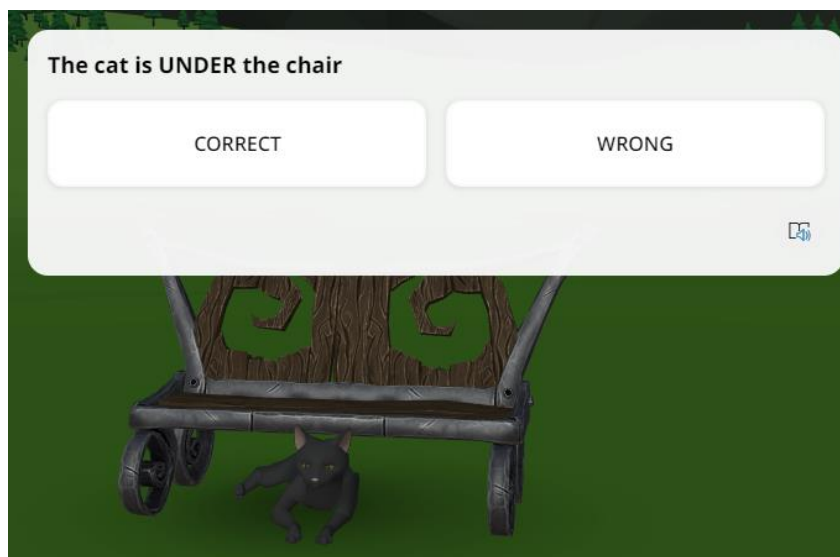


Slika 5-15 Pitanje za pronalazak ptice na hrvatskom

Pitanje vezano za pronalazak mačke sa slika 5-16 i 5-17 formulirano je na malo drugačiji način, dijete treba odgovoriti je li tvrdnja točna ili netočna. Implementacija koda jednaka je kao i na prethodnoj razini.



Slika 5-16 Pronalazak mačke u engleskoj verziji



Slika 5-17 Pronalazak mačke u hrvatskoj verziji

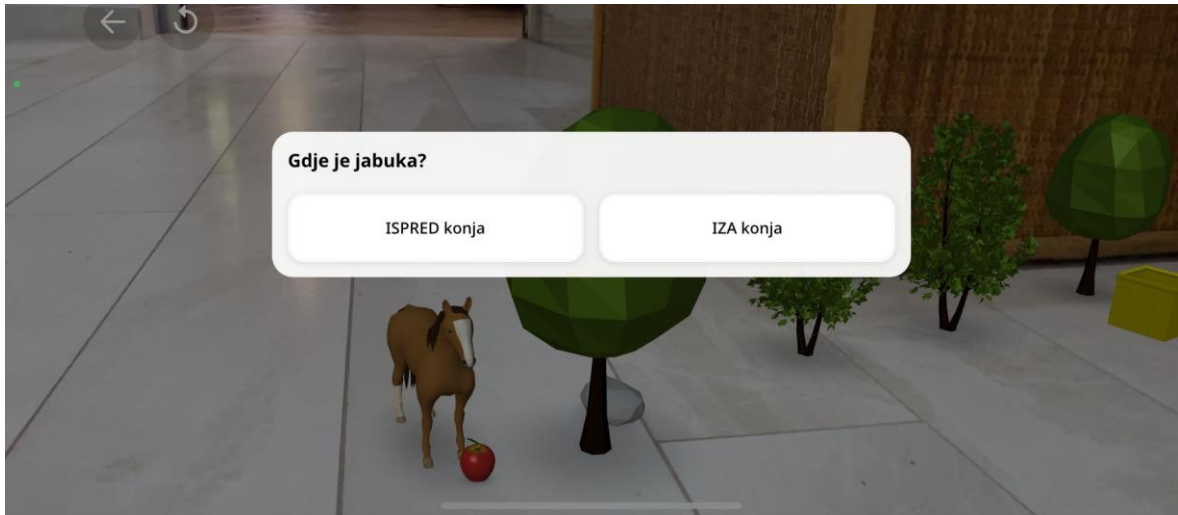
### 5.2.3. Treća razina

Treća razina razlikuje se od prethodne dvije po tome što su uz prostorne odnose, *ispred* i *između*, u engleskoj verziji *in front of* i *between*, uvedeni i nazivi boja. Zadatak učenika, prikazan na slici 5-18, je pronaći jabuku, dati ju konju te prikupiti loptu koja se nalazi u plavoj kutiji.

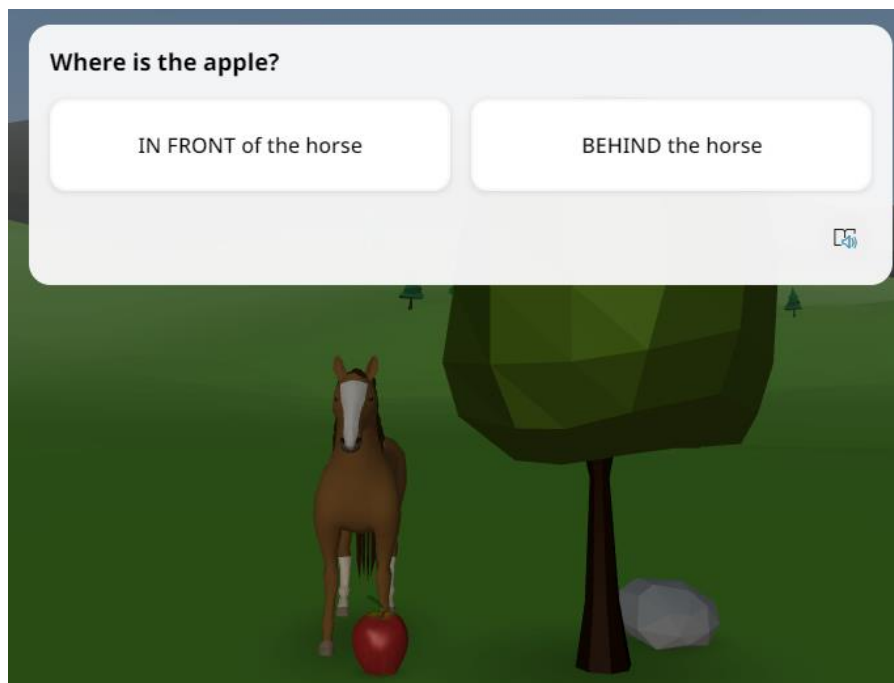


Slika 5-18 Početni ekran treće razine na hrvatskom

Nakon što se pronađe jabuka na stablu i klikom na nju, ona se pomiče do konja te se pojavljuje okvir sa pitanjem sa slika 5-20 i 5-21. Točnim odgovorom, jabuka je prikupljena.

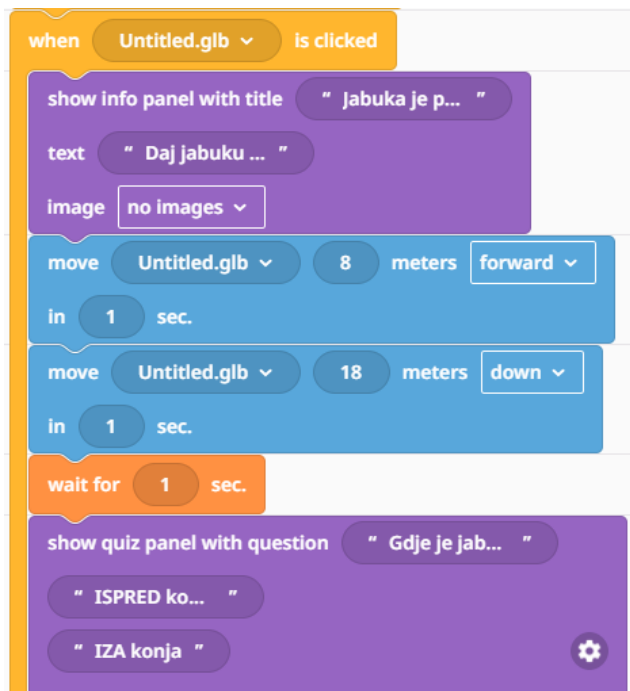


Slika 5-19 Pitanje u AR verziji o poziciji jabuke na hrvatskom



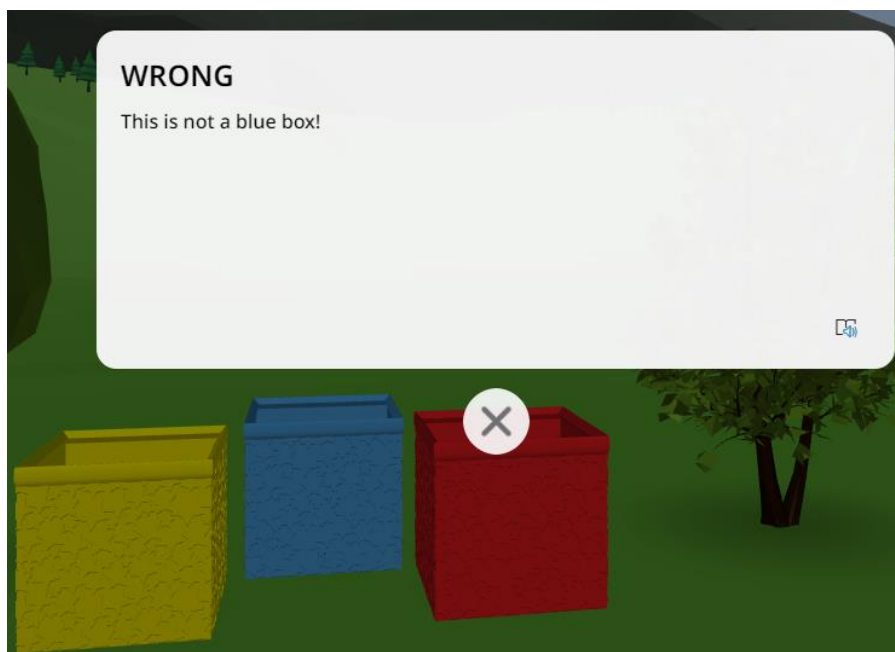
Slika 5-20 Pitanje o poziciji jabuke na engleskom

Pomicanje jabuke sa stabla do ispred konja, kao i svako pomicanje predmeta koje se pojavljuje i na drugim razinama, implementirano je kodom sa slike 5-22. Dakle, treba se označiti koliko metara se predmet pomiče te u kojem smjeru.



Slika 5-21 Kod za pomicanje jabuke ispred konja

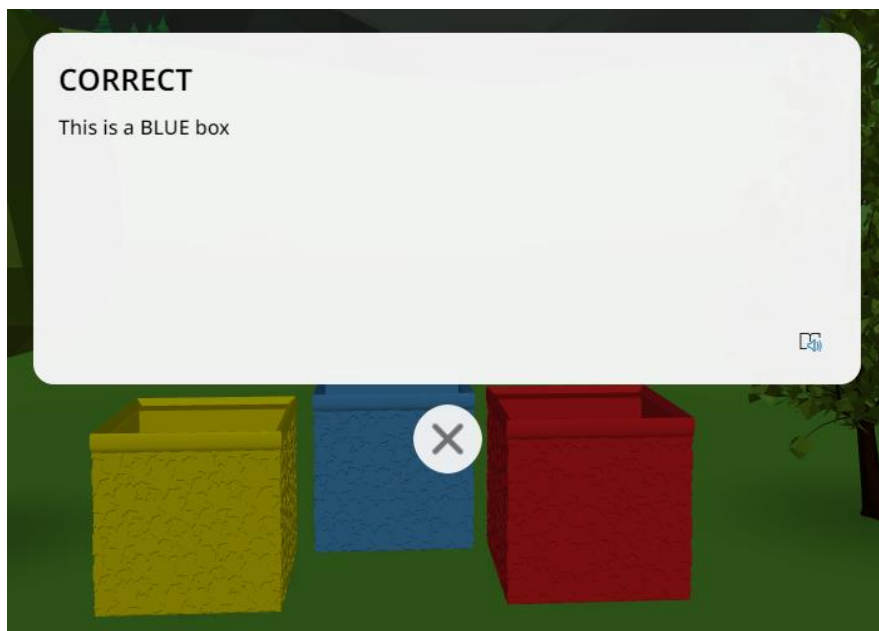
Drugi dio zadatka je prikupiti loptu koja se nalazi u plavoj kutiji. Ispred igrača nalaze se tri kutije različitih boja te se tu treba odabrati kutija ispravne boje kako bi iz nje izašla lopta. Ako se odabere kutija pogrešne boje, na ekranu se ispiše poruka kao na slici 5-23, odabrana kutija nije plave boje.



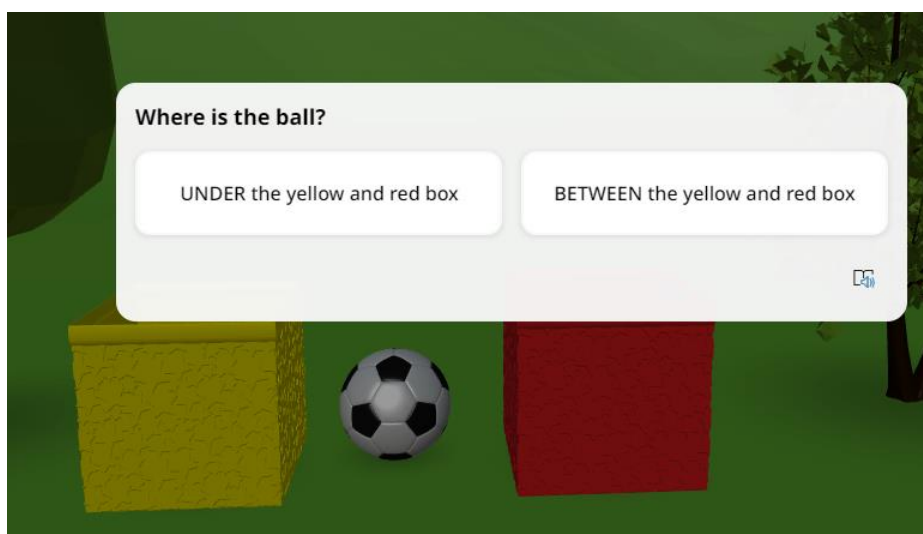
Slika 5-22 Poruka u slučaju odabira krive kutije

Klikom na plavu kutiju, poruka kao na slici 5-24 da je odabir točan pojavi se na ekranu, iz plave kutije izađe lopta te se treba odabrati točan odgovor na pitanje o prostornom odnosu

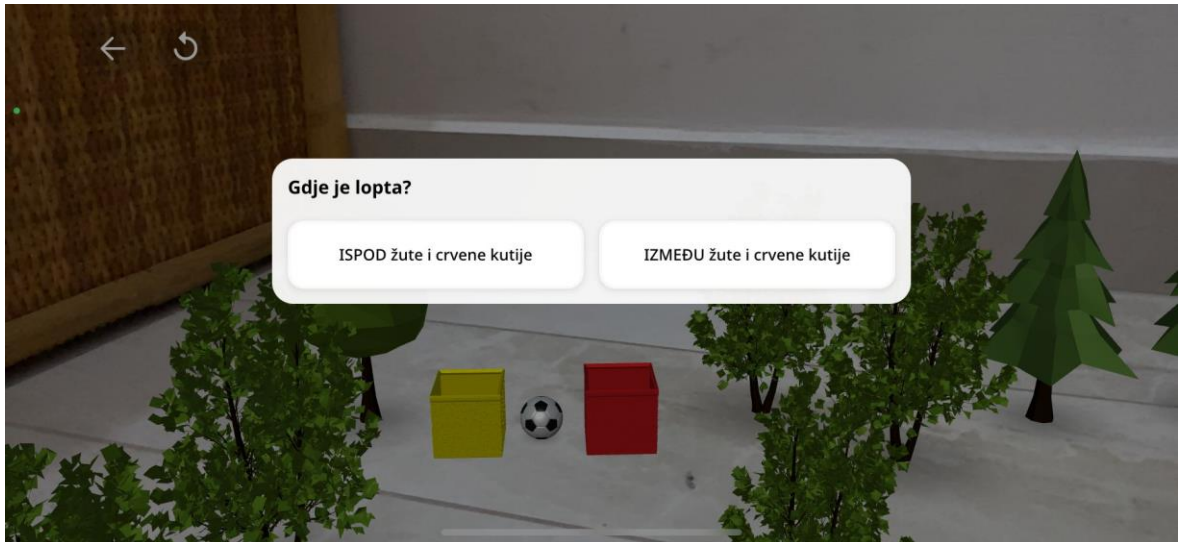
lopte i preostale dvije kutije. Slika 5-25 prikazuje ekran u engleskoj računalnoj verziji, a 5-26 pitanje u AR hrvatskoj verziji.



Slika 5-23 Odabir kutije ispravne boje



Slika 5-24 Pozicija lopte u odnosu na dvije kutije na engleskom



Slika 5-25 Pozicija u odnosu na dvije kutije na hrvatskom

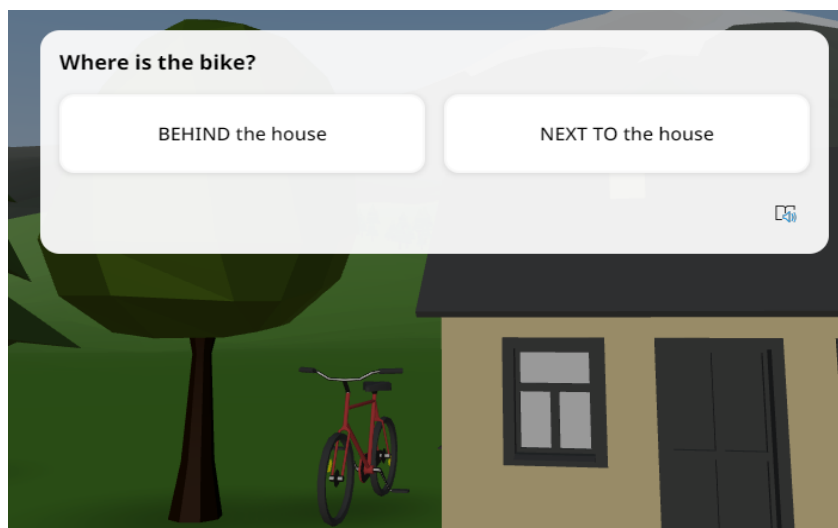
#### 5.2.4. Četvrta razina

Na posljednjoj razini, uz prostorne odnose *pokraj* i *ispred*, na engleskom *next to* i *in front of* ispituju se i nazivi boja. Potrebno je pronaći zeca, biciklu i jabuku crvene boje za koju je dano uputstvo da se nalazi u kutiji, kao što prikazuje slika 5-27.

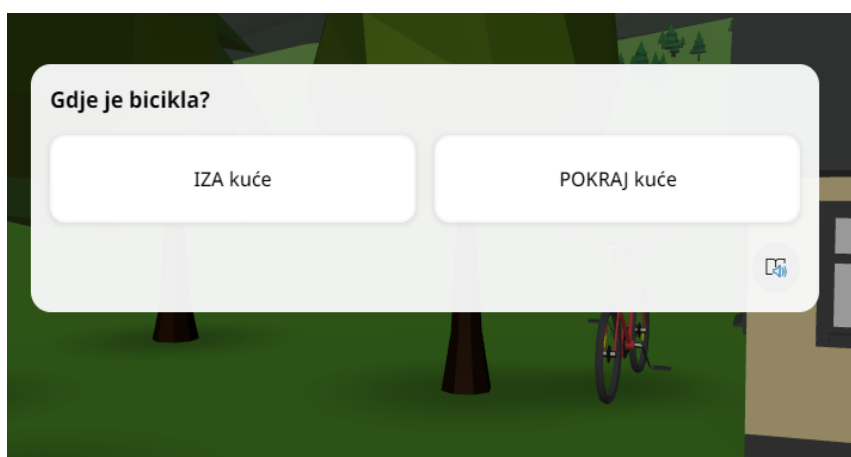


Slika 5-26 Traženi predmeti na četvrtoj razini

Pitanje o poziciji bicikle postavljeno je na isti način kao i na prethodnim razinama, pojavi se okvir sa pitanjem na koje učenik treba odgovoriti, prikazano slikama 5-28 i 5-29.



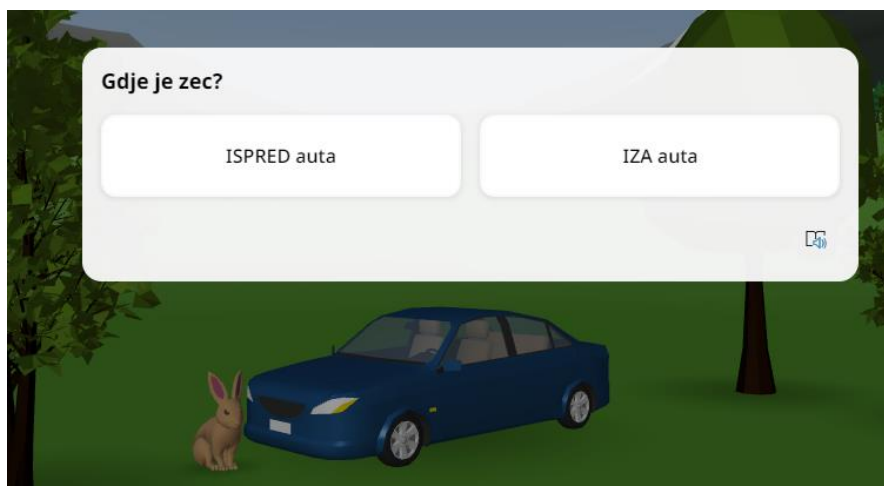
Slika 5-27 Pitanje o poziciji bicikle u engleskoj verziji



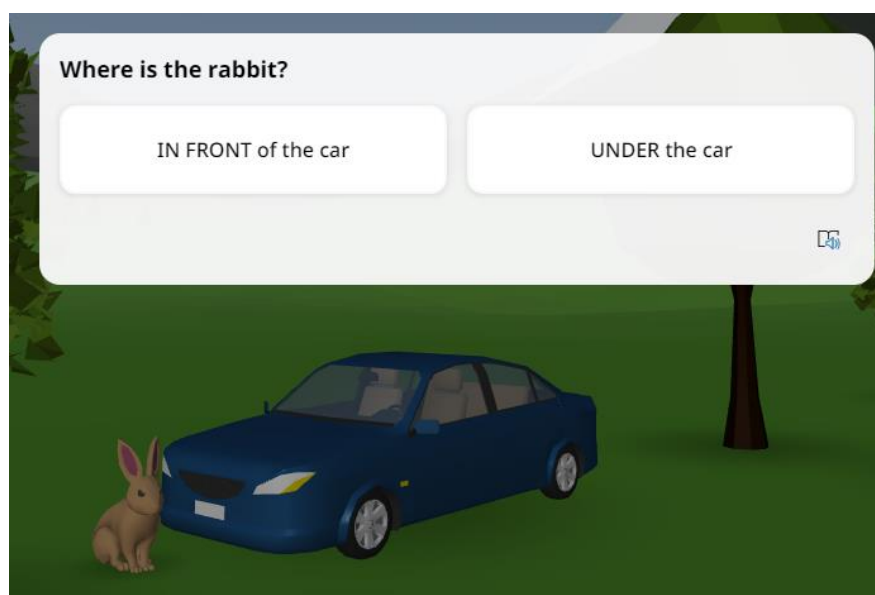
Slika 5-28 Pozicija bicikle u hrvatskoj verziji

Pronalaskom zeca pojavi se pitanje sa slike 5-30 i 5-31 kojim se ispituje odnos zeca naspram auta, točnim odgovorom prelazi se na sljedeći dio pitanja sa slike 5-32 gdje dijete treba odgovoriti koje je boje auto. Dok se ne odgovori točno na pitanje o poziciji zeca u odnosu na auto, ne može se prijeći na sljedeće pitanje o boji auta.





Slika 5-29 Pitanje o poziciji zeca u odnosu na auto

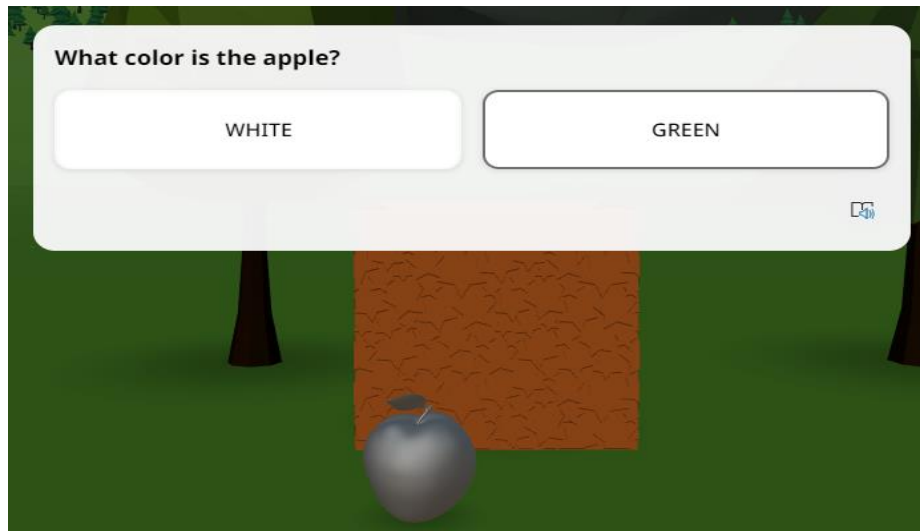


Slika 5-30 Pitanje o poziciji zeca u engleskoj verziji



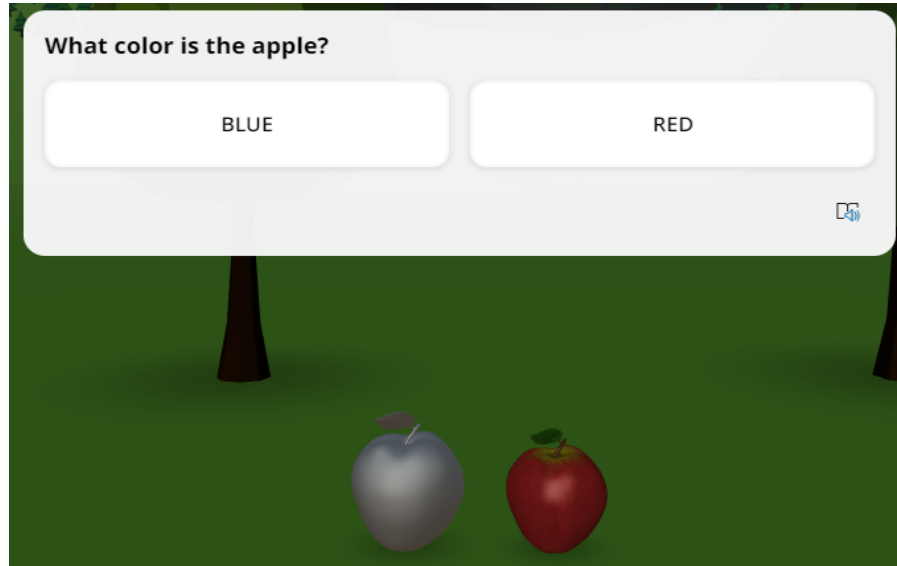
Slika 5-31 Pitanje o boji auta

U slučaju potrage za crvenom jabukom, klikom na kutiju, prvo se pojavljuje bijela jabuka i pitanje o njezinoj boji, engleska verzija je na slici 5-33.



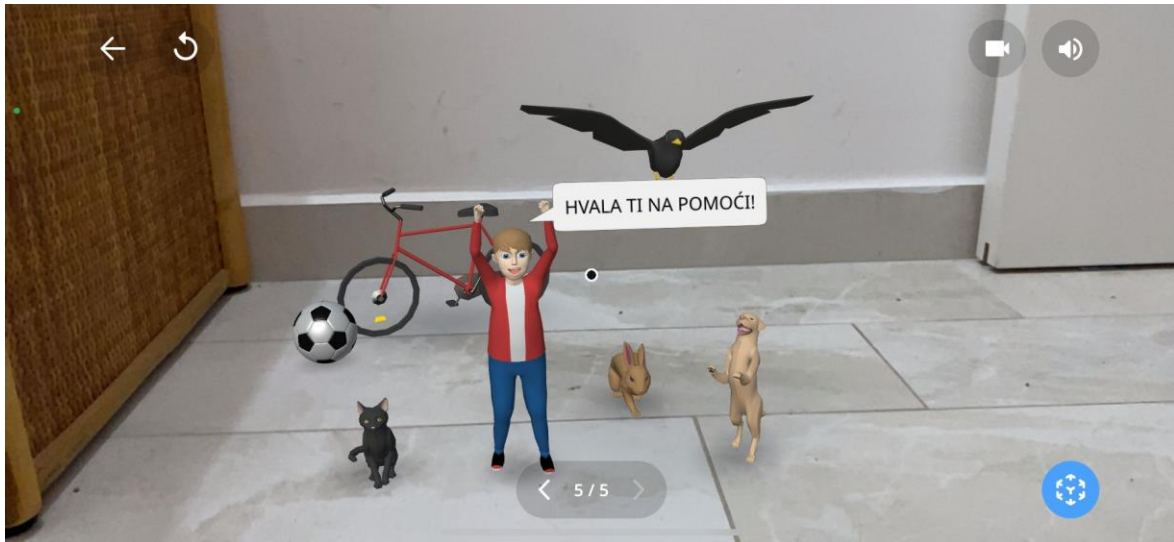
Slika 5-32 Pitanje za bijelu jabuku

Nakon točnog odgovora da je jabuka bijela, iz kutije izlazi crvena jabuka koju je potrebno prikupiti te okvir sa pitanjem na slici 5-34. Ispravnim odgovorom na oba pitanja o bojama, jabuka je prikupljena.



Slika 5-33 Pitanje za crvenu jabuku

Nakon točnih odgovora na pitanja sa zadnje razine, završni ekran sa slike 5-35 kada se koristila AR verzija prikazuje lik dječaka i sve predmete koji su se prikupili.



Slika 5-34 Ekran za završetak igre u hrvatskoj AR verziji

### 5.3. Osvrt na izrađenu aplikaciju

Tema izrađene edukativne aplikacije za djecu s poteškoćama u učenju opisane u ovom radu je podučavanje prostornih odnosa, tj. prijedloga kao vrste riječi i usvajanje vokabulara engleskog jezika. Interaktivno virtualno okruženje pruža djeci zabavniji pristup učenju pri čemu se naglasak ne stavlja isključivo na učenje teorije, što može dovesti do gubitka motivacije za usvajanje znanja. Cilj je bio ne prikazati samo popis pojmova koji se trebaju naučiti, već se dijete šetnjom po virtualnom dvorištu susreće s raznim zadacima koje treba riješiti, pritom usvajajući znanje o navedenim konceptima.

Prednost ovog virtualnog okruženja obzirom na učenje prostornih odnosa je njegova trodimenzionalnost – primjerice, u slučaju da se traženi predmet nalazi ispod stola, dijete može iz više različitih kutova gledanja doživjeti takav prostorni odnos što pridonosi boljem shvaćanju koncepta, dok se u dvodimenzionalnoj aplikaciji to ne bi moglo toliko realistično predočiti. Svi predmeti koji se trebaju pronaći bliski su djetetu i može se susresti s njima u svakodnevnom životu, primjerice životinje, igračke, nazivi boja. Napredovanje kroz igru ovisi isključivo o djetetu, može ponovo prolaziti razine za koje nije siguran da je razumio, ako su neke razine previše lake za rješavanje, može ih preskočiti i prijeći na teže, odnosno jednostavnije.

Djeca s poteškoćama u učenju često imaju problema i sa usvajanjem stranog jezika, što može dovesti do toga da u redovnom obrazovanju zaostaju za drugim učenicima. Obzirom na tu činjenicu, aplikacija koja za cilj ima podučavanje stranog jezika vrlo je korisna učenicima

pri savladavanju gradiva. Vokabular engleskog jezika nije bio na zahtjevnoj razini, a čak i da dijete ne zna što znači neka riječ, na osnovu vizualnog prikaza i interaktivnih sadržaja može zaključiti koji bi bio prijevod te riječi.

Važnost povratnih informacija koja je navedena i u literaturi također je uzeta u obzir [29]. Nakon svakog ispravnog odgovora prikazuje se poruka kojom se dijete pohvali, čime se ohrabruje da nastavi igrati i ponovo se naglasi koji je točan odgovor kako bi se doprinijelo boljem usvajanju znanja. Primjerice, nakon ispravnog odgovora da je zec ispred auta, ponovo se pojavi rečenica „Zec je ISPRED auta“, čime se skreće pažnja na ono bitno, u ovom slučaju prijedloge. Negativni bodovi ili gubitak života kad se netočno odgovori na pitanje nije se implementiralo, obzirom da se ponekad dijete može više fokusirati na negativne aspekte čime se dobije dojam da ne napreduje te gubi motivaciju.

Neki od nedostataka povezani su s činjenicom da se koristila besplatna verzija alata *Cospaces EDU* te je zbog toga postojalo nekoliko ograničenja pri razvoju aplikacije. Programiranje kretanja predmeta po ekranu nakon što se klikne na njih te proces odgovaranja na pitanja i provjera njihove ispravnosti temeljilo se na korištenju naredbe IF. Obzirom da se trebalo osigurati ponavljanje pitanja u slučaju netočnog odgovora, trebalo je ugnijezditi više uzastopnih IF naredbi zbog čega je kod bio nepregledniji te je bilo teže pratiti ispravnost napisanog koda. Ipak, ovo nije bitno utjecalo na funkcionalnosti aplikacije.

Još jedan nedostatak koji ima bitan utjecaj na izradu aplikacije i njenu učinkovitost je to što se nije provelo ispitivanje s djecom kako bi se izravno moglo primijetiti koliko uspješnim se pokazao dizajn aplikacije. Razvoj i dizajn aplikacije temeljio se na saznanjima već provedenih istraživanja koja su u sebi obuhvaćala i ovu stavku ispitivanja s korisnicima, zbog čega su i rezultati bili vjerodostojniji. Djeca s drugačijim intelektualnim razvojem i teškoćama u učenju imaju mnogo individualnih karakteristika na osnovu koji se razlikuju te bi bilo zanimljivo vidjeti kakve bi bile reakcije i ishodi učenja obzirom na njihove različitosti. Provođenje testiranja na većem broju ispitanika te tijekom dužeg vremenskog perioda donijelo bi vrlo korisne rezultate, obzirom da bi se moglo pratiti kako veći broj različitih korisnika reagira na aplikaciju te koliko dugo sudionici zadržavaju usvojeno znanje, tj. pamti li se naučeno samo tijekom korištenja sustava ili ga se moguće prisjetiti i nakon duljeg vremena nekorištenja. Također, moglo bi se pokušati razviti aplikaciju koja ima mogućnost odabira broja igrača, tj. hoće li igrati samostalno jedan igrač ili više njih. Obzirom na to da kod neke djece poteškoće u intelektualnom razvoju utječu i na sposobnosti komuniciranja s drugima, to bi moglo biti od velike koristi za napredak njihovih socijalnih

vještina. U budućim istraživanjima te razvoju i dizajniranju edukativnih aplikacija nastojat će se osigurati testiranje s korisnicima, osobito u slučajevima kada je izrađeni sustav namijenjen pojedincima s otežanim učenjem i savladavanjem gradiva.

## 6. Zaključak

U današnjem društvu odgojni i obrazovni sustav suočen je s mnogo izazova u pokušaju odgovora na zahtjeve pojedinaca s različitim fizičkim i psihološkim karakteristikama, od kojih se u ovom radu više fokusiralo na poremećaje iz spektra autizma, ADHD, disleksiju, disgrafiju, diskalkuliju te teškoće u učenju. Djeca s poteškoćama u učenju pokazuju neke zajedničke karakteristike; poremećaji s pažnjom, percepcijom, pamćenjem, nezainteresiranost za obrazovne materijale, otežano razumijevanje apstraktnih koncepata, teškoće s govorom, čitanjem, komunikacijom. Cilj velikog broja istraživanja bio je dizajniranje okruženja za učenje koristeći virtualnu stvarnost te vrednovanje uspjeha takvih sustava u odnosu na poteškoće u razvoju i učenju. Rad je nastojao istražiti koliko je uspješno korištenje edukativnih video igara i virtualne stvarnosti za obrazovanje i usvajanje znanja pojedinaca s poremećajima u mentalnom, emocionalnom i bihevioralnom razvoju te poteškoćama pri učenju. Istraživanja koja su se proučavala u svrhu pisanja rada, izvela su smjernice kojima se nastoji unaprijediti dizajn interakcija za korisnike s navedenim teškoćama, na osnovu kojih je izrađena i aplikacija opisana u radu.

Primjena ozbiljnih igara u procesu obrazovanja postavlja odmak od stajališta da video igre služe isključivo za zabavu. Ozbiljne video igre obogaćivanjem edukativnih elemenata s interaktivnim i zabavnim elementima video igara predstavljaju sustav koji efikasno prenosi znanje i vještine pojedincima s poteškoćama te potiču interes i motivaciju, neke od ključnih faktora za aktivno usvajanje znanja. Dodatan napredak predstavlja virtualna stvarnost čijom se primjenom doprinosi većoj realističnosti i „uronjenosti“ u okruženje. Programeri i dizajneri interaktivnih sučelja za korisnike s poteškoćama suočeni su s izazovom jer se u obzir trebaju uzeti individualne karakteristike pojedinaca te njihove sposobnosti i ograničenja. Dakle, ne postoji univerzalni okvir po kojem se može razviti sustav prilagođen svima, ali različita istraživanja o neurodivergentnim osobama i razvoju aplikacija virtualne stvarnosti za njih, izvela su neke općenite smjernice kojima bi se mogla optimizirati interakcija korisnika i sustava; korištenje simulacija povezanih sa svakodnevnim životom, upotreba jednostavnih i sažetih rečenica bez apstraktnih koncepata, naglašavanje ključnih riječi, mogućnosti ponavljanja i vraćanja na neizvršene zadatke, postepeno napredovanje od jednostavnih do složenih zadataka, povratne informacije koje jasno označuju što treba ispraviti u slučaju pogreške, izbjegavanje previše animacija ili zvukova koji bi mogli odvratiti pažnju s bitnih stavki, pohvala kada se zadatak točno riješi kako bi se dijete

motiviralo za daljnji rad, kraće trajanje intervencija kako ne bi došlo do opadanja pozornosti, mogućnost prilagodbe karakteristikama pojedinca, npr. mijenjanje fonta, boje pozadine, smanjenje ili povećanje glasnoće.

Na osnovu pronađenih smjernica, izrađena aplikacija simulira trodimenzionalnu virtualnu igru skrivača uz čiju pomoć djeca s poteškoćama u učenju mogu naučiti prostorne odnose, prijedloge te usvojiti vokabular engleskog jezika. Izrađene su dvije verzije igre, na engleskom i hrvatskom jeziku te svaka sadrži 4 razine koje se razlikuju po broju predmeta koji se traže i pitanjima na koje treba odgovoriti kako bi se prikupili traženi predmeti. Tema je odabrana uz suradnju s Rehabilitacijskim centrom Inkludo za rad i podršku djeci s poteškoćama u učenju. Igra se može pokrenuti na računalu i na mobitelu, a dodatna mogućnost mobilne verzije je VR, AR ili *gyro* prikaz igre koji dodatno pridonosi realističnosti igre. Nakon prikupljanja svih traženih predmeta, dijete je uspješno završilo igru. Prednost ovakvog okruženja je što se uz vizualno privlačne elemente i animacije dijete uči konceptima prostornih odnosa i riječima na engleskom jeziku, pri čemu se dodatno naglašava pozitivan učinak edukativnih video igara.

U budućim istraživanjima poželjno bi bilo provesti i testiranje s pojedincima kojima je namijenjena aplikacija kako bi se izravno vidjele prednosti i nedostaci, koji aspekti su korisni, koje bi trebalo dodatno razviti te pridonosi li razvijena aplikacija postizanju željenih ciljeva. Pozornost se treba obratiti na scenarije i zadatke primjerene korisnikovim potrebama, sposobnostima, razvoju i preferencijama te na ishode učenja i treniranja određenih vještina.

# Literatura

- [1] Huang, H., & Cheng, C. (2022). The benefits of video games on brain cognitive function: A systematic review of functional magnetic resonance imaging studies. *Applied Sciences*, 12(11), 5561.
- [2] Granic, I., Lobel, A., & Engels, R. C. M. E. (2014). The benefits of playing video games. *American Psychologist*, 69(1), 66-78.
- [3] Caruso, F., Peretti, S., Barletta, V. S., Pino, M. C., & Mascio, T. D. (2023). Recommendations for developing immersive virtual reality serious games for autism: Insights from a systematic literature review. *IEEE Access*, 11, 74898-74913
- [4] Zhang, R.-Y., Chopin, A., Shibata, K., Lu, Z.-L., Jaeggi, S. M., Buschkuhl, M., Green, C. S., & Bavelier, D. (2019). Action video game play facilitates "learning to learn". *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 116(16), 8397-8402.
- [5] Boot, W. R., Kramer, A. F., Simons, D. J., Fabiani, M., & Gratton, G. (2008). The effects of video game playing on attention, memory, and executive control. *Acta Psychologica*, 129(3), 387–398
- [6] Koumpouros, Y. (2024). Revealing the true potential and prospects of augmented reality in education. *Smart Learning Environments*, 11(2)
- [7] Bozgeyikli, L., Rajj, A., Katkooori, S., & Alqasemi, R. (2018). A survey on virtual reality for individuals with autism spectrum disorder: Design considerations. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 11(2), 133-151
- [8] Chen, X. L., Zou, D., Xie, H. R., & Wang, F. L. (2024). Metaverse in education: Contributors, cooperations, and research themes. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 16(6), 1111-1129.
- [9] Kaimara, P., Deliyannis, I., Oikonomou, A., & Fokides, E. (2021). Waking Up In the Morning (WUIM): A Smart Learning Environment for Students with Learning Difficulties. *Technologies*, 9(3), 50
- [10] Muktamath, V., Chand, S., & Hedge, P. R. (2021). Types of specific learning disability. *Learning Disabilities*.



- [11] Uključenje djece i učenika s posebnim potrebama u redoviti sustav obrazovanja, <https://eurydice.eacea.ec.europa.eu/hr/national-education-systems/croatia/uključenje-djece-i-učenika-s-posebnim-potrebama-u-redoviti>
- [12] Porayska-Pomsta, K., Alcorn, A. M., Avramides, K., Beale, S., Bernardini, S., Foster, M. E., Frauenberger, C., Good, J., Guldberg, K., Keay-Bright, W., Kossyvaki, L., Lemon, O., Mademtzi, M., Menzies, R., Pain, H., Rajendran, G., Waller, A., Wass, S., & Smith, T. J. (2018). Blending human and artificial intelligence to support autistic children's social communication skills. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, 25(6)
- [13] Tosto, C., Hasegawa, T., Mangina, E., & others. (2021). Exploring the effect of an augmented reality literacy programme for reading and spelling difficulties for children diagnosed with ADHD. *Virtual Reality*, 25(4), 879–894
- [14] Piazzalunga, C., Dui, L. G., Termine, C., Bortolozzo, M., Matteucci, M., & Ferrante, S. (2023). Investigating Visual Perception Impairments through Serious Games and Eye Tracking to Anticipate Handwriting Difficulties. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 23(4), 1765
- [15] Alqahtani, N. D., Alzahrani, B., & Muhammad, S. R. (2023). Deep Learning Applications for Dyslexia Prediction. *Applied Sciences*, 13(5),
- [16] Falcão, T.P., & Price, S. (2010). Informing design for tangible interaction: a case for children with learning difficulties. *International Conference on Interaction Design and Children*.
- [17] Alzahrani, M., Uitdenbogerd, A. L., & Spichkova, M. (2021). Human-computer interaction: Influences on autistic users. *Procedia Computer Science*, 192, 4691–4700.
- [18] Brosnan, M., Holt, S., Yuill, N., Good, J., & Parsons, S. (2017). Beyond autism and technology: lessons from neurodiverse populations (Version 1). University of Sussex
- [19] Hashim, H. U., Yunus, M. M., & Norman, H. (2022). 'AReal-Vocab': An augmented reality English vocabulary mobile application to cater to mild autism children in response towards sustainable education for children with disabilities
- [20] Yeratziotis, A., Fotiadis, T., Achilleos, A., & others. (2024). A game-based cognitive intervention for young learners with reading difficulties. *SN Computer Science*, 5, 701.
- [21] Elfakki, Abir Osman Abdallah & Sghaier, Souhir & Alotaibi, Abdullah. (2023). An Efficient System Based on Experimental Laboratory in 3D Virtual Environment for Students with Learning Disabilities. *Electronics*.

- [22] Watanabe, Y., Okada, Y., Osawa, H., Sugaya, M. (2015). Digital Play Therapy for Children with Developmental Disorders. In: Antona, M., Stephanidis, C. (eds) Universal Access in Human-Computer Interaction. Access to Learning, Health and Well-Being. UAHCI
- [23] Howard, K.B. (2023) Supporting learners with special educational needs and disabilities in the foreign languages classroom. *Support for Learning*, 38, 154–161
- [24] Knaak, T., Grünke, M., & Barwasser, A. (2021). Enhancing vocabulary recognition in English foreign language learners with and without learning disabilities: Effects of a multi-component storytelling intervention approach. *Learning Disabilities: A Contemporary Journal*, 19, 69-85
- [25] Tlili, A., Hattab, S., Essalmi, F., Chen, N.-S., Huang, R., Kinshuk, D., Chang, M., & Burgos, D. (2021). A smart collaborative educational game with learning analytics to support English vocabulary teaching. *International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence*, 6, 215-224.
- [26] Villafuerte, J. (2022). Video games in English practice for children with and without attention deficit hyperactivity disorder. *Colombian Journal of Education* , (85), 79–100.
- [27] Nakić, J. (2021) Definicija pojmova. Nastavni materijali za vježbe iz predmeta Interakcija čovjeka i računala, Prirodoslovno-matematički fakultet u Splitu
- [28] Benton, L., & Johnson, H. (2015). Widening participation in technology design: A review of the involvement of children with special educational needs and disabilities. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 3-4, 23-40
- [29] Gauthier, A., Benton, L., Bunting, L., Herbert, E., Sumner, E., Mavrikis, M., Revesz, A., & Vasalou, A. (2022). I don't usually listen, I read: How different learner groups process game feedback. In *Proceedings of the 2022 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '22)* (pp. 1–15). Association for Computing Machinery
- [30] Tlili, A., Hattab, S., Essalmi, F., Chen, N.-S., Huang, R., Kinshuk, D., Chang, M., & Burgos, D. (2021). A smart collaborative educational game with learning analytics to support English vocabulary teaching. *International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence*, 6, 215-224.

- [31] Vera, L., Herrera, G., & Vived, E. (2005). Virtual reality school for children with learning difficulties. In *Proceedings of the International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology*
- [32] Rodrigo-Yanguas, M., Martin-Moratinos, M., Menendez-Garcia, A., Gonzalez-Tardon, C., Royuela, A., & Blasco-Fontecilla, H. (2021). A virtual reality game (the secret trail of moon) for treating attention-Deficit/Hyperactivity disorder: Development and usability study. *JMIR Serious Games*, 9(3)
- [33] Areces, D., Rodríguez, C., García, T., Cueli, M., & González-Castro, P. (2018). Efficacy of a Continuous Performance Test Based on Virtual Reality in the Diagnosis of ADHD and Its Clinical Presentations. *Journal of Attention Disorders*, 22(11), 1081-1091.
- [34] Jaramillo-Alcázar, A., Venegas, E., Criollo-C, S., & Luján-Mora, S. (2021). An approach to accessible serious games for people with dyslexia. *Sustainability*, 13(5), 2507.
- [35] De Castro, M.V.; Bissaco, M.A.S.; Panccioni, B.M.; Rodrigues, S.C.M.; Domingues, A.M. Effect of a Virtual Environment on the Development of Mathematical Skills in Children with Dyscalculia. *PLoS ONE* 2014, 9, e103354.
- [36] Mitsea, E., Drigas, A., & Skianis, C. (2023). VR gaming for meta-skills training in special education: The role of metacognition, motivations, and emotional intelligence. *Education Sciences*, 13(7), 639.
- [37] Lan, Y.-J., Hsiao, I. Y. T., & Shih, M.-F. (2018). Effective Learning Design of Game-Based 3D Virtual Language Learning Environments for Special Education Students. *Journal of Educational Technology & Society*, 21(3), 213–227.
- [38] Schmidt, M. M., Lee, M., & Francois, M. S., et al. (2023). Learning experience design of Project PHoENIX: Addressing the lack of autistic representation in extended reality design and development. *Journal of Formative Design in Learning*, 7(1), 27–45
- [39] Granic, I., Lobel, A., & Engels, R. C. M. E., The benefits of playing video games. *American Psychologist*, 2014., 69(1), 66-78.
- [40] Spence, I., Feng, J., Video Games and Spatial Cognition, *Review of General Psychology*, 2010., 92-104.
- [41] Xu, Z., Zdravkovic, A., Moreno, M., & Woodruff, E. (2022). Understanding optimal problem-solving in a digital game: The interplay of learner attributes and learning behavior. *Computers and Education Open*, 3.

[42] Spence, I., & Feng, J. (2010). Video games and spatial cognition. *Review of General Psychology*, 14(1), 92-104.

[43] Lord, C., Brugha, T. S., Charman, T., Cusack, J., Dumas, G., Frazier, T., Jones, E. J. H., Jones, R. M., Pickles, A., State, M. W., Taylor, J. L., & Veenstra-VanderWeele, J. (2020). Autism spectrum disorder. *Nature reviews. Disease primers*, 6(1), 5.

[44] Drechsler, R., Brem, S., Brandeis, D., Grünblatt, E., Berger, G., & Walitza, S. (2020). ADHD: Current Concepts and Treatments in Children and Adolescents. *Neuropediatrics*, 51(5), 315–335.

[45] Dwyer P. (2022). The Neurodiversity Approach(es): What Are They and What Do They Mean for Researchers?. *Human development*, 66(2), 73–92.

