

PRIMJENA NAČELA UNIVERZALNOG DIZAJNA I PRISTUPAČNOSTI U HOLOGRAFSKU EDUKATIVNU IGRU

Sentić, Ivan

Master's thesis / Diplomski rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Dubrovnik / Sveučilište u Dubrovniku**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:155:713853>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-24**



SVEUČILIŠTE U DUBROVNIKU
UNIVERSITY OF DUBROVNIK

Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Dubrovnik](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJ

SVEUČILIŠTE U DUBROVNIKU
ODJEL ZA ELEKTROTEHNIKU I RAČUNARSTVO

IVAN SENTIĆ

PRIMJENA NAČELA UNIVERZALNOG DIZAJNA I
PRISTUPAČNOSTI U HOLOGRAFSKU EDUKATIVNU
IGRU

DIPLOMSKI RAD

Dubrovnik, rujan, 2023.

SVEUČILIŠTE U DUBROVNIKU
ODJEL ZA ELEKTROTEHNIKU I RAČUNARSTVO

PRIMJENA NAČELA UNIVERZALNOG DIZAJNA I
PRISTUPAČNOSTI U HOLOGRAFSKU EDUKATIVNU
IGRU

DIPLOMSKI RAD

Studij: Primijenjeno/poslovno računarstvo

Kolegij: Raspodijeljeni informacijski sustavi

Mentor: izv. prof. dr. sc. Krunoslav Žubrinić

Komentor: Ana Kešelj, mag. ing. comp.

Student: Ivan Sentić

Dubrovnik, rujan, 2023.

SAŽETAK

Ovaj diplomski rad istražuje integraciju načela Univerzalnog dizajna i pristupačnosti u razvoju i implementaciji holografske obrazovne igre. U eri obilježenoj sve većim oslanjanjem na digitalnu tehnologiju za obrazovanje, osiguravanje ravnopravnog pristupa obrazovnim resursima za sve pojedince, bez obzira na njihove sposobnosti ili nedostatke, od najveće je važnosti. Holografska tehnologija predstavlja vrhunski medij za isporuku obrazovnog sadržaja, ali njezin potencijal inkluzivnosti nije u potpunosti ispitan. Studija započinje uspostavljanjem sveobuhvatnog razumijevanja načela Univerzalnog dizajna i standarda pristupačnosti, ističući njihov značaj u poticanju inkluzivnog okruženja za učenje. Udubljuje se u evoluciju obrazovnih igara i pojavu holografske tehnologije, naglašavajući njihov potencijal da uključe učenike u impresivna i interaktivna iskustva. Analizira utjecaj ovih značajki na iskustva učenja raznolike skupine sudionika, uključujući osobe s invaliditetom, uzimanjem u obzir njihove angažiranosti, razumijevanja i ukupnog zadovoljstva.

Studija započinje uspostavljanjem sveobuhvatnog razumijevanja načela Univerzalnog dizajna i standarda pristupačnosti, ističući njihov značaj u poticanju inkluzivnog okruženja za učenje. Udubljuje se u evoluciju obrazovnih igara i pojavu holografske tehnologije, naglašavajući njihov potencijal da uključe učenike u impresivna i interaktivna iskustva. Diplomski rad daje uvid u učinkovitost Univerzalnog dizajna i načela pristupačnosti u poboljšanju upotrebljivosti i obrazovne vrijednosti holografske igre. U radu se također identificiraju potencijalni izazovi i ograničenja u implementaciji ovih načela u holografske obrazovne sadržaje.

Ključne riječi: Dizajn za sve; pristupačnost; hologrami; svijest o očuvanju okoliša

ABSTRACT

This master thesis explores the integration of principles of Universal design and accessibility in the development and deployment of a holographic educational game. In an era marked by an increasing reliance on digital technology for education, ensuring equitable access to educational resources for all individuals, regardless of their abilities or disabilities, is of paramount importance. Holographic technology represents a cutting-edge medium for educational content delivery, yet its potential for inclusivity has not been fully examined. It analyzes the impact of these features on the learning experiences of a diverse group of participants, including individuals with disabilities, by considering their engagement, comprehension, and overall satisfaction.

The study begins by establishing a comprehensive understanding of Universal Design principles and accessibility standards, highlighting their significance in fostering an inclusive learning environment. It delves into the evolution of educational games and the emergence of holographic technology, emphasizing their potential to engage learners in immersive and interactive experiences. Key findings from this master thesis provide insights into the effectiveness of Universal design and accessibility principles in enhancing the usability and educational value of the holographic game. The thesis also identifies potential challenges and limitations in the implementation of these principles in holographic educational content.

Keywords: *Design for all; accessibility; holograms; awareness of environmental protection*

SADRŽAJ

SAŽETAK	i
ABSTRACT.....	ii
1 UVOD.....	1
1.1 Struktura rada	2
2 DIZAJN ZA SVE.....	3
2.1 Pristupačnost	6
2.1.1 Digitalna pristupačnost za osobe s oštećenjem vida	10
2.1.2 Digitalna pristupačnost za osobe s oštećenjem sluha.....	11
2.1.3 Digitalna pristupačnost za osobe s motoričkim poremećajima, kroničnim bolestima i višestrukim poteškoćama	11
2.2 Interakcijski dizajn	11
2.3 Pomoćne tehnologije	14
2.3.1 Komunikacijska pomagala.....	16
2.3.2 Pomagala za osobe s motoričkim poteškoćama.....	18
2.3.3 Pomagala za osobe s oštećenjem sluha i govora.....	19
2.3.4 Pomagala za osobe s oštećenjem vida.....	20
3 TEHNOLOGIJA HOLOGRAMA	21
4 OZBILJNE IGRE.....	25
5 APLIKACIJA HOLOZOO	29
5.1 Projekt Play2Green.....	29
5.2 Definicija problema.....	30
5.3 Funkcionalnosti i dizajn sučelja	31
5.3.1 Logotip aplikacije HoloZoo	31
5.3.2 Korištene boje	32
5.3.3 Početni ekran.....	33
5.3.4 Odabir uređaja.....	34
5.3.5 Prijava i registracija	34
5.3.6 Upute za izradu piramide	35

5.3.7	Glavni ekran.....	36
5.3.8	Korisnički profil.....	36
5.3.9	Učenje.....	37
5.3.10	Kviz.....	39
5.3.11	Prikaz holograma na tabletu.....	41
5.3.12	Funkcionalnosti pristupačnosti.....	43
5.4	Tehnologije.....	44
5.4.1	Raspodijeljeni sustavi.....	44
5.4.2	Figma – dizajn sučelja.....	45
5.4.3	Unity – razvojno okruženje.....	46
5.4.4	C# - programski jezik.....	47
5.4.5	MySQL – upravljanje bazama podataka.....	48
5.4.6	PHP – programski jezik za pristup podacima iz baze podataka.....	50
6	ZAKLJUČAK.....	51
7	LITERATURA.....	52
8	PRILOZI.....	55
8.1	Popis slika.....	55

1 UVOD

U današnjem digitalnom svijetu, gdje tehnološki napredak neprestano otvara nove horizonte dizajn igra ključnu ulogu u oblikovanju korisničkih iskustava koja su pristupačna, korisna i ugodna za korištenje. U skladu s tehnološkim napretkom, ubrzano se razvija i obrazovno okruženje. Kako učionice prelaze s tradicionalnih pedagoških modela na inovativna i sveobuhvatna iskustva učenja, digitalni alati i platforme uvelike povećavaju angažman i razumijevanje obrazovnog sadržaja. Među tim tehnologijama, holografija se ističe kao obećavajući medij nudeći studentima prilike za iskustveno i interaktivno učenje. Međutim, kako istražujemo potencijal holografskog obrazovnog sadržaja, postaje imperativ uzeti u obzir načela Univerzalnog dizajna i pristupačnosti kako bismo osigurali da ova digitalna revolucija bude uključiva. U eri u kojoj su obrazovni resursi sve više digitalni i interaktivni, pristupačnost ne bi trebala biti naknadna misao, već integralna komponenta procesa dizajna. Središnji fokus ovog istraživanja jest istražiti, analizirati i zagovarati integraciju Univerzalnog dizajna i načela pristupačnosti u razvoju i primjena holografskih obrazovnih igara. Naglašavanje razumijevanja značaja ovih načela, njihove povijesne evolucije i njihove važnosti u kontekstu modernog obrazovanja, cilj je premostiti jaz između vrhunske obrazovne tehnologije i imperativa da se osigura da svi učenici, bez obzira na njihove sposobnosti ili nedostatke, mogu imati koristi od ovih inovacija. Istraživati će se potencijal holografске tehnologije da revolucionira iskustva učenja i izazove koje postavlja u smislu inkluzivnosti. Otkrit će se utjecaj Univerzalnog dizajna i značajki pristupačnosti na učinkovitost holografskih obrazovnih igara, bacajući svjetlo na najbolju praksu i identificirajući područja za poboljšanje. Rad nudi uvide i preporuke iz prakse za osiguravanje da obećanja holografije nisu ograničena na manju skupinu ljudi, već da se prošire na svakog učenika, prihvaćajući načelo da obrazovanje treba biti univerzalno dostupno i uključivo.

Holografška tehnologija stvara trodimenzijske vizualne projekcije koje se čine kao da lebde u zraku stvarajući impresivne i futurističke vizualne efekte. Kako bi ova tehnologija postala stvarno „za sve“ potrebno je ne samo razviti napredne tehničke mogućnosti već i uskladiti dizajn tih tehnologija s načelima pristupačnosti i inkluzije. Spoj inovativnog tehnološkog koncepta holograma i načela dizajna za sve pruža prilagodljiva interakcijska sučelja,

ergonomičnost i jednostavan i intuitivan dizajn. Implementacija dizajna za sve i pristupačnosti u holografiji podrazumijeva promišljen i uključiv pristup razvoju hardvera i softvera.

Za bolje razumijevanje primjene načela Univerzalnog dizajna i pristupačnosti u izradi holografskih programski ozbiljnih igara pružen je praktični primjer ozbiljne igre pod nazivom HoloZoo. Igra je edukativnog karaktera s temom ekologije i očuvanja životinja i njihovih staništa. Tokom dizajniranja aplikacije pratile su se smjernice i načela digitalne pristupačnosti i Dizajna za sve te je pružena mogućnost prilagodbe prikaza sadržaja u kontekstu veličine, oblika i boje sadržaja, a uz tekstualni izražaj omogućen je i govorni izražaj.

1.1 Struktura rada

Diplomski rad se sastoji od 4 poglavlja. Prvo poglavlje opisuje što su to Dizajn za sve i pristupačnost te zašto su oni važni za sveopću dobrobit i upotrebljivost proizvoda i usluga. Pojašnjava se i što su to pomoćne tehnologije i koje vrste pomagala postoje. Drugo poglavlje kratko uvodi u holografsku tehnologiju, njene primjene i pozitivne utjecaje koje ima na učenje. Treće poglavlje objašnjava termin ozbiljnih igara te kako one mogu na zabavan način učiti djecu o raznim temama bez da dijete ima osjećaj da uči. I konačno četvrto poglavlje objedinjuje prve tri teme opisom ozbiljne igre HoloZoo koja je izrađena prateći načela Dizajna za sve, a u svrhu učenja djece o ugroženim vrstama životinja uz primjenu holograma koje igri daju dodatnu dozu zabave.

2 DIZAJN ZA SVE

Dizajn za sve utjelovljuje progresivnu i uključivu filozofiju koja zagovara ideju univerzalne dostupnosti i upotrebljivosti kada govorimo o dizajnu. Središnje uvjerenje jest da nitko ne smije biti isključen iz potpune koristi od proizvoda, okruženja i usluga. Ne samo da obogaćuje korisnička iskustva, već također potiče pravednije i skladnije društvo. Pokreće kreativnost, preoblikuje industrije i naposljetku poboljšava kvalitetu života za sve članove naše globalne zajednice. Takva ideja započinje 1950ih godina kada se težilo funkcionalizmu i ergonomskom dizajnu, a 1960ih nastao je koncept „Društvo za Sve“ u Švedskoj koji se prije svega odnosi na pristupačnost kako bi se unaprijed spriječile ili uklonile prepreke korištenja proizvoda i usluga osoba s funkcionalnim ograničenjima [1]. Dizajn za Sve je dizajnerska filozofija koja označava način pristupa okoline, proizvoda i/ili usluge. Takvim pristupom cilj je osigurati da svatko, bez obzira na dob, spol, sposobnosti ili kulturne pozadine, ima jednaku mogućnost sudjelovanja u svakom aspektu društva stoga ju je potrebno implementirati ju u svim područjima i disciplinama ljudskog djelovanja. Još od 1998. godine Europski institut za dizajn i invaliditet djeluje na poboljšanju kvalitete života kroz dizajn za sve, a 2004. godine prigodom godišnje sjednice instituta usvojio je Stockholmsku deklaraciju „Dizajn za Sve“ [2]. Dizajn za sve odnosno univerzalni dizajn opisuje načela dobre prakse kako bi korištenje proizvoda i usluga bilo pristupačno. Proizvodi trebaju biti upotrebljivi i pogodni za samostalno korištenje bez potrebe za prilagodbom, ako je to moguće, a usluge dostupne i prikladne za korištenje. Univerzalni dizajn postavlja standarde upotrebljivosti za sve. Ima paralelu i sa „zelenim dizajnom“ koji se fokusira na očuvanje prirode te tako u dizajnu za sve podrazumijeva i okoliš.

Koncept Univerzalnog dizajna istaknuo je arhitekt *Ronald L. Mace*, koji je osnovao Centar za Univerzalni dizajn. Mace, koji je koristio invalidska kolica zbog dječje paralize, iz prve je ruke stekao iskustvo s izazovima nepristupačnog okruženja. Kretanje stepenicama i nailaženje na vrata kroz koja njegova invalidska kolica nisu mogla proći tijekom školskih godina motiviralo ga je da studira arhitekturu i specijalizira se za pristupačnost. Univerzalni dizajn, prema *Maceu*, razvio se iz pristupačnog dizajna. Dok se pristupačan dizajn usredotočuje na prilagodbu osobama s invaliditetom, često kao dodatak, kao što je pričvršćivanje rampe za

invalidska kolica uz rub zgrade, univerzalni dizajn ima sveobuhvatniji pristup uzimajući u obzir potrebe cjelokupne ljudske populacije [3].

Disciplina koja ima slične ciljeve te tako nadopunjuje Dizajn za sve jest ergonomija, također poznata kao znanost o radu ili inženjerska psihologija. Ergonomija istražuje kako prilagoditi karakteristike rada tjelesnim i psihičkim osobinama čovjeka tj. načine dizajniranja koji se temelje na proučavanju ljudskog organizma i ponašanja. Kako bi to postigla analizira anatomske, fiziološke i druge parametre ljudskog tijela kako bi pružila informacije o tome kako se predmeti s kojima ljudi dolaze u dodir mogu prilagoditi ljudskim potrebama i karakteristikama. Upravo zbog velikog broja parametara koje uzima u obzir ona je interdisciplinarna znanost. Obuhvaća antropologiju, fiziologiju, anatomiju, psihologiju i mnoge druge. Na temelju rezultata istraživanja pruža podatke o prilagođenosti predmeta s kojima čovjek dolazi u kontakt kojima ukazuje na ono na čemu bi trebalo raditi. Tako omogućava kvalitetan, efikasan i efektivan rad u sigurnom okruženju koje minimizira mogućnost bilo kakve vrste ozljede ili profesionalnih oboljenja [4] [5].

Cilj ergonomije je povećati udobnost i dobrobit korisnika minimiziranjem fizičkog napora i nelagode. Dizajn za sve na sličan način nastoji stvoriti inkluzivna rješenja koja doprinose općem zadovoljstvu i kvaliteti života korisnika. Ergonomija i Dizajn za sve započinju s pristupom usmjerenim na korisnika, uzimajući u obzir potrebe, preferencije i sposobnosti korisnika tijekom cijelog procesa dizajna. Oba koncepta imaju za cilj učiniti proizvode i okruženja dostupnima širokom rasponu korisnika, bez obzira na njihove fizičke ili kognitivne sposobnosti. Dizajn za sve podiže pristupačnost korak dalje obuhvaćajući širi spektar mogućnosti i karakteristika. Jasan i intuitivan dizajn koristi korisnicima svih sposobnosti. Ukratko, ergonomija i Dizajn za sve dijele zajedničke ciljeve stvaranja uključivih rješenja prilagođenih korisnicima. Dok se ergonomija često fokusira na fizičku udobnost i učinkovitost, Dizajn za sve obuhvaća širi raspon sposobnosti i nastoji ukloniti prepreke . Integracija obaju principa u procese dizajna dovodi do proizvoda i okruženja koji nisu samo funkcionalni, već i obzirni prema različitim potrebama korisnika [6] [7]. Zbog toga je iznimno važno da se te tim principima vode i veće internacionalne kompanije koje svojim poslovnim planovima ne uzimaju u obzir kako će proizvod utjecati na čovjeka i kako će mu služiti već se bave kako prodati više i ostvariti veći profit. Međutim, iako velike kompanije i dalje

pokušavaju nametnuti nepotrebne i nekvalitetne proizvode i usluge, ljudi postaju svjesniji što im je potrebno i što mogu dobiti pa bi primjenom ergonomskih i inkluzivnih načela na njihove proizvode postali konkurentniji na tržištu. Tehnologije koje se ne uklapaju u mogućnosti potrošača, sklonosti ili načine obavljanja stvari umanjuju vjerojatnost da će se koristiti. Štoviše, tehnologije često ostaju neiskorištene ako minimiziraju interakcije s drugima ili postavljaju prepreke sudjelovanju u društvenim i drugim aktivnostima. Tehnologije su najučinkovitije kada su odabrane i oblikovane u suradnji kako bi zadovoljile i poboljšale određene funkcionalne i društvene potrebe potrošača [8].

Ergonomski pristup planiranja tehnologije je iznimno važan jer bi ona trebala služiti svima, kako u ostvarivanju same pristupačnosti tako i u svakodnevnom korištenju. Softverska ergonomija odnosno ergonomija programske potpore uključuje biološke, psihološke i socijalne aspekte interakcije čovjeka i softvera. Brine o tome da se čovjek ne opterećuje te da velik dio posla obrađuje računalo. Cilj je poboljšati radnu motivaciju i povećati radnu kompetenciju te optimizirati opterećenja pri uvođenju novih tehnologija kao što je i holografska tehnologija kojom se bavi ovaj rad. Nove tehnologije sve su zahtjevnije i kompliciranije za upotrebu [9].

Uporaba proizvoda bi trebala biti jednostavna i intuitivna, sadržaj jasan i lako razumljiv tako što se naglasi bitno i učini informacije uočljivijima. Informacije svi moraju moći razumjeti pa je potrebno osigurati podršku i za razne jezike. Proizvod mora imati toleranciju na pogrešku odnosno potrebno je preduhitriti korisnika i onemogućiti posljedice slučajnog i nenamjernog djelovanja kod na primjer osoba s tremorom koje će lakše pogreškom pritisnuti nešto što nisu namjeravali. Zato je kod važnijih akcija uvijek potrebno tražiti još jednom dozvolu od korisnika kako bi još jednom potvrdio ako je to stvarno želio i uraditi. Potrebno je provesti kvalitetnu analizu potreba i zahtjeva krajnjih korisnika te ih aktivno uključiti u svaku fazu procesa projektiranja/razvoja nekog rješenja. Kroz pravilnu primjenu ergonomskih principa, moguće je smanjiti rizik od ozljeda, poboljšati radnu produktivnost i povećati zadovoljstvo korisnika što pozitivno utječe na kvalitetu rada.

Kako bi izvršavanje zadataka bilo u prvom planu, računala moraju postati nevidljiva za

korisnika. Postizanje ovog cilja uključuje evoluciju interakcije čovjeka i računala (engl. *Human-computer interaction, HCI*) u interakciju ljudskog problema i domene, zahtijevajući da se unutar računala modeliraju apstrakcije unutar specifične domene. Ovo će omogućiti korisnicima da ukratko opišu stvari jer sustavi razumiju koncepte orijentirane na domenu. Kao što je na primjer, danas, ChatGPT: Moramo žrtvovati općenitost za snagu specijaliziranih interakcija. Ovaj domenski orijentirani dizajn podržava utemeljenje interakcije, stvara jezike djelovanja i omogućuje referentno sidrenje. Kod interakcija ljudskog problema i domene treba staviti korisnika u fokus, dopuštajući im da komuniciraju sa sustavima na razini koja se nalazi unutar njihovog svijeta [10].

Univerzalni, inkluzivni i pristupačni dizajn i Dizajn za sve su različiti koncepti ali koji teže istom cilju. Nevođenje principima ovih koncepata može dovesti do ograničavanja potencijalnih prednosti. Ekonomske prednosti, na primjer, mogu se naći na razini pojedinca kao povećanje prihoda za nekoga tko inače ne bi mogao raditi, da nije bilo odgovarajućeg stupnja pristupačnosti na radnom mjestu. Na poslovnoj razini, tvrtke koje nude proizvode ili usluge razvijene za susret najviše razine pristupačnosti mogu pronaći priliku ponuditi ovaj proizvod još širem. Društvo će, s druge strane, vidjeti ekonomske koristi kroz to što veći postotak stanovništva radi i odgovarajuće smanjenje ljudi o kojima ovisi socijalno osiguranje. To će stoga imati i pozitivne strane utjecaj na društvenu održivost i promicanje kvalitete života [11].

2.1 Pristupačnost

Pristupačnost uključuje nastojanje da se osigura da su informacije, aktivnosti i okruženja razumljivi, smisleni i upotrebljivi najširem krugu pojedinaca. Ilustracija pristupačnosti koja je većini nas poznata nalazi se u arhitektonskom dizajnu. Uzmimo primjer "pristupačnog ulaza" u zgrade. Elementi kao što su ograde, rampe, automatizirana vrata, dizala, natpisi, rasvjeta, pa čak i dimenzije stepenica, sve su to pokazatelji pristupačnih komponenti dizajna. Svaki od njih služi za uklanjanje barijera koje bi mogle spriječiti ulazak osobe u zgradu ili strukturu, a posljedično i sadržaj unutar nje. Iako su neki od ovih aspekata dizajna izričito namijenjeni osobama s invaliditetom, pristupačan dizajn u drugim kontekstima može znatno poboljšati iskustvo svih korisnika. U stvarnosti, pristupačni izbori dizajna imaju potencijal

poboljšati ili proširiti vrijednost i funkcionalnost drugih elemenata dizajna, poput dobro postavljenog rukohvata ili jasnog znaka [12].

Pristupačnost se odnosi na dizajn i stvaranje proizvoda, usluga, okruženja i digitalnog sadržaja kako bi ih osobe s invaliditetom mogli jednostavno i učinkovito koristiti. Cilj pristupačnosti je osigurati da svatko, bez obzira na svoje fizičke, osjetilne, kognitivne ili tehnološke sposobnosti, može pristupiti i komunicirati s istim resursima i iskustvima kao i svi ostali. Inkluzivni dizajn je pristup koji se fokusira na stvaranje proizvoda i okruženja tako da umjesto naknadnog opremanja rješenja za specifične invaliditete, nastoji se uključiti pristupačnost od samog početka procesa projektiranja. Drugim riječima, inkluzivni pristup dizajnu rezultira pristupačnošću [11]. Razlikujemo fizičku i digitalnu pristupačnost. Fizička pristupačnost je projektiranje fizičkih prostora i struktura na način koji omogućuje da ih koriste osobe s poteškoćama u kretanju. To može uključivati značajke poput rampi, dizala, širih vrata i pristupačnih toaleta. Digitalna pristupačnost iste te principe primjenjuje kako bi osobe s invaliditetom mogle koristiti digitalni sadržaj, web stranice, aplikacije i druge mrežne resurse. To uključuje pružanje alternativnog teksta za slike, korištenje naslova i titlova za videozapise, dizajniranje web stranica kojima se može kretati pomoću čitača zaslona i osiguravanje kompatibilnosti s pomoćnim tehnologijama ili ugradnjom samih pomoćnih tehnologija u digitalni sadržaj. Kognitivne poteškoće mogu utjecati na to kako ljudi obrađuju i razumiju informacije. Stvaranje sadržaja koji je jasan, koncizan i dobro organiziran može pomoći osobama s kognitivnim oštećenjima da lakše pristupe informacijama i da ih shvate. Osobama sa senzornim oštećenjima potrebno je osigurati da su informacije predstavljene na razumljiv način. Na primjer, korištenje većih fontova i shema boja visokog kontrasta koristi osobama s oštećenjima vida, dok pružanje prijepisa i alternativnih tekstova koristi onima s oštećenjima sluha [13].

Pristupačnost nije samo pravno i etičko pitanje, već ima i praktičnog smisla. Koristi širokom rasponu pojedinaca, uključujući one s trajnim invaliditetom, privremenim oštećenjima, kao što je slomljena ruka, starijoj populaciji i ljudima u različitim kontekstima, kao što je korištenje mobilnog uređaja u bučnom okruženju. Osiguravajući pristupačnost, osiguravate da svatko može u potpunosti sudjelovati u društvu i imati jednake mogućnosti i pristup

informacijama. Pristupačnost se usredotočuje na pravednost. Utjelovljuje načela pravednog i odgovornog dizajna. Pristupačnost se vrti oko prepoznavanja i rješavanja slučajeva nedostupnosti [12].

Mnoge nacionalne i međunarodne udruge i organizacije propisuju standarde kojih se važno pridržavati. Standardi koji su postavljeni i na kojima se još uvijek aktivno radi trebali bi služiti kao alat za integraciju i jačanje pristupačnosti pružajući okvir, zahtjeve i specifikacije za pristupačno korištenje. Trebaju biti osigurane jednake mogućnosti upotrebe za sve korisnike, ukoliko je to izvodljivo, izbjegavajući segregaciju i stigmatizaciju korisnika. To znači da dizajn treba biti fleksibilan i prilagodljiv različitim kontekstima i korisničkim mogućnostima. Rješenje treba biti stabilno i predvidljivo, bez neočekivanih varijacija. Treba izbjegavati aktivnosti koje ne doprinose dodanoj vrijednosti rješenja. Dizajn treba biti otporan na pogreške korisnika i treba omogućiti brz oporavak u slučaju greške te upozoriti na eventualne pogreške. Fizički zahtjevi dizajna trebaju biti prihvatljivi za različite veličine tijela i oblike korisnika. Pojedine platforme kao što su Android, Apple i Microsoft imaju svoje specifične smjernice.

Izraz "korisnička sučelja za sve" označava zajednički napor da se otkriju i razjasne ranije spomenuti izazovi, dok također nudi uvide i alate za rješavanje prikladnih rješenja unutar domene interakcije između čovjeka i računala. Predstavlja pokušaj primjene, primjera i specificiranja načela Univerzalnog pristupa i Dizajna za sve u kontekstu sučelja između čovjeka i računala. Korisnička sučelja za sve sjedinjuje metodologije za izradu digitalnih okruženja koja se prilagođavaju širokom spektru ljudskih sposobnosti, vještina, potreba i preferencija. Ova filozofija ne traži jedinstveno rješenje za sve korisnike, nego uvodi svježiju perspektivu na korisnička sučelja i ima za cilj prevladati prepreke povezane s postizanjem univerzalnog pristupa u kontekstu jednostavnosti korištenja informacijskih i komunikacijskih tehnologija (IKT) od strane osoba s nekom vrstom invaliditeta [14].

Ovi su koncepti dobro utemeljeni u raznim inženjerskim disciplinama kao što su građevinarstvo i arhitektura, a često se primjenjuju u područjima kao što su dizajn interijera i razvoj cesta. Iako se ovo znanje pokazalo prikladnim za osiguravanje pristupačnosti fizičkih prostora, njegova je primjenjivost ograničena unutar područja tehnologija informacijskog

društva. Postizanje Univerzalnog dizajna u kontekstu računalnih aplikacija i usluga predstavlja različite izazove jer u nekim slučajevima prilagodba možda neće biti moguća bez gubitka funkcionalnosti. Prilagodbe su programski zahtjevne i intenzivne što donosi dodatne troškove. Prilagodbe je teško implementirati kod postojećih rješenja i kasnije održavati. Proaktivna paradigma umanjuje taj problem jer se u samom razvoju sustavi prilagođavaju najširoj mogućoj populaciji krajnjih korisnika. Drugim riječima, korisnička sučelja za sve nastoje minimizirati potrebu za naknadnim prilagodbama. To podrazumijeva pružanje alternativnih manifestacija sučelja ovisno o sposobnostima, zahtjevima i preferencijama ciljnih skupina korisnika. Jedan od pristupa kojima se pristupačnost ostvaruje je dizajn usmjeren na korisnika. Ova perspektiva nastoji zamijeniti trenutne tehnocentrične prakse koje prevladavaju na terenu pristupom koji je više usmjeren na čovjeka. Razvojne strategije za HCI dizajn, utemeljene na područjima kao što su kulturna psihologija, društvene i humanističke znanosti, imaju značajan potencijal za doprinos u tom smjeru. Ovi pristupi obećavaju pružiti obogaćene alate za analitički dizajn i ponuditi unaprijed propisane okvire za sveobuhvatno proučavanje različitih konteksta uporabe [15]. Za provjeru digitalne pristupačnosti koriste se validatori kao na primjer *Accessibility Developer Tools* kojeg je razvio *Google Accessibility*.

Iako osobe kojima je digitalna pristupačnost nužna često već posjeduju alate, a neki operacijski sustavi već imaju integrirane alate i pomoćne tehnologije koji pomažu u čitanju i pregledavanju sadržaja, potrebno je implementirati mogućnost i u sami digitalni sadržaj kako bi na primjer u slučaju korištenja tuđeg uređaja mogli nesmetano koristiti digitalni sadržaj. Stoga je odmah prilikom planiranja razvoja pristupačnog digitalnog sadržaja važno uzeti u obzir čimbenike koji omogućavaju kreiranje okruženja koje je pristupačno i intuitivno. Tako je potrebno osigurati mogućnost jednostavne promjene veličine slova, opciju za automatsko ispravljanje grešaka, mogućnost povratka/prelaska na glavni sadržaj, dovoljno velike gumbе koji su udaljeni toliko da se minimizira mogućnost pritiska pogrešnog sadržaja i responzivnost odnosno automatsko prilagođavanje dizajna sadržaja neovisno o pregledniku koji se koristi i dimenzijama uređaja. Mogućnost odabira vrste fonta ne bi trebala biti ponuđena kao podizbornik koji se aktivira prelaskom pokazivača, nego je fiksni dio izbornika ili se aktivira klikom/dodirom.

Najkorišteniji alati za digitalnu pristupačnost su povećavanje kontrasta boja, podešavanje veličine i vrste fonta, razmaka teksta, proreda, mogućnost zaustavljanja animacija i sakrivanja slika, prilagođavanje veličine, oblika i izgleda pokazivača. Uz ove integrirane alate bilo bi poželjno pružiti i dodatnu telefonsku pomoć korisnicima. Korisnički zahtjevi su različiti zbog čega se koristi više vrsta izražaja sadržaja – slikovno, glasovno, taktilno uzimajući u obzir i kognitivne poteškoće kao što su smanjeno kratkotrajno pamćenje, teškoće u komunikaciji i laka smetenost.

2.1.1 Digitalna pristupačnost za osobe s oštećenjem vida

Za pristupačan digitalni sadržaj potrebno je osigurati najmanje jedan dodatni način rada koji ne zahtjeva korištenje vida. Pod oštećenja vida podrazumijevamo nemogućnost razlikovanja boja, slabovidnost i sljepoću. Za slijepce korisnike može se implementirati čitač zaslona koji pretvara tekst u generirani glas sintetizatorom govora ili ga pretvara u *Brailleovo* pismo. Međutim, za korištenje čitača ekrana sadržaj mora biti prikladan pripremljen tj. treba koristiti ugniježdene naslove, *heading* elemente, jer tako jasno označavaju razine naslova i podnaslova te osigurati navigaciju pomoću tipaka *tab/shift+tab* jer se čitač ekrana dijaloškim okvirima kreće sekvencijalno. Tekst ne smije biti prikazan u obliku slike jer čitač taj tekst ne može pročitati. Slike, grafovi, tablice i audio/video sadržaj moraju imati prikladan tekstualni opis i/ili zvučni opis koji treba biti kratak i s najvažnijim sadržajem na početku opisa. Čitači ekrana ne prepoznaju titlove stoga je potreban i transkript teksta. Kada se radi o datotekama trebalo bi koristiti standardne formate kao što su PDF, TXT, Word kako bi ih se moglo jednostavno interpretirati. Slabovidnim osobama pomaže softver za povećanje sadržaja, mogućnost promjene veličine fonta, transkripcija video zapisa i mogućnost uključivanja titlova. Položaj pokazivača na ekranu mora biti uočljiv. Gumbi na interaktivnim elementima trebaju imati zvučni i/ili tekstualni opis i jasno označavaju danu funkcionalnost gumba, te na koji se način korisnik može vratiti na prethodni ili prijeći na slijedeći sadržaj. Dinamički sadržaj mora se moći zaustaviti ili pokrenuti proizvoljno. Kod *Captcha* autentikacije, odnosno određivanja je li korisnik čovjek ili računalo, kada se koristi vizualna provjera treba omogućiti i alternativnu auditivnu provjeru. Za osobe koje nemaju mogućnost razlikovanja boja treba dizajnirati dobar kontrast teksta i slika u odnosu na pozadinu stranica [16].

2.1.2 Digitalna pristupačnost za osobe s oštećenjem sluha

Oštećenja sluha su gluhoća i naglušost. Kada sadržaj zahtijeva auditivni način rada potrebno je osigurati najmanje jedan dodatni način rada koji poboljšava jasnoću govora i zvuka, smanjuje pozadinsku buku, kontrolu jačine sluha i titlovanje koje ne zahtijeva korištenje sluha. Audio i video materijali moraju imati titlove, opise i/ili prijepise. Kada je moguće dodati i snimku prijevoda na znakovni jezik. U sadržaj koji ima puno teksta umetnuti slike povezane sa sadržajem kako bi se olakšalo razumijevanje teksta osobama koje izvorno koriste znakovni jezik [16].

2.1.3 Digitalna pristupačnost za osobe s motoričkim poremećajima, kroničnim bolestima i višestrukim poteškoćama

Motorički poremećaji podrazumijevaju oštećenja lokomotornog sustava, centralnog i perifernog živčanog sustava ili oštećenja nastala kao posljedica kroničnih bolesti drugih sustava. Osnovne karakteristike motoričkih oštećenja i/ili smetnji različiti su oblici i težine poremećaja pokreta i položaja tijela, smanjena ili onemogućena funkcija pojedinih dijelova tijela ili nepostojanje dijelova tijela. Za ovu skupinu korisnika potrebno je osigurati najmanje jedan dodatni način rada koji ne zahtijeva dobru kontrolu i koordinaciju fine motorike, kontrolu više od jednog pokreta u isto vrijeme i dodatni način rada koji je ostvariv s ograničenim dosegom i snagom ruku. Gumbi moraju biti veliki i dovoljno udaljeni od teksta i drugih elemenata kako bi se spriječila mogućnost izbora pogrešnog sadržaja. Dodatni elementi koji se pojavljuju po potrebi ne bi trebali biti stalno prikazani već se trebaju otvarati i zatvarati klikom, a ne prelaskom pokazivača preko gumba. Potrebno je omogućiti korištenje tipkovnice kao alternativnog načina izvršavanja zadataka čija je izvedba mišem teška poput spajanja/uparivanja pojmova ili rukovanja grafičkim prikazima. Treba izbjegavati potrebu za istovremenim korištenjem dviju ili više tipki tipkovnice. Treba koristiti vizualni indikator fokusa odnosno oznaka na koji dio sadržaja je usmjerena pozornost korisnika. U istu svrhu ne bi se smjelo koristiti automatsko listanje sadržaja već bi se ono trebalo ostvarivati na korisnikovu naredbu koja može biti zadana putem tipkovnice, miša ili glasovne naredbe [16].

2.2 Interakcijski dizajn

Interakcija između računala i čovjeka ostvaruje se putem sučelja. Upravo sučelje je predmet proučavanja interakcijskog dizajna. Dizajn interakcija je novije polje tehnološkog dizajna, a podrazumijeva u prvom redu dizajn interaktivnih proizvoda i usluga u kojem je fokus na razvoj entiteta na način na koji će korisnici s njima komunicirati, a onda tek na estetski izgled proizvoda. Za razliku od tradicionalnog industrijskog dizajna koji je usredotočen na funkcionalnosti proizvoda i njihov izgled, dizajn interakcija nastoji komunikaciju s proizvodom učiniti jasnom i efikasnom odnosno zadovoljiti i ispuniti potrebe krajnjeg korisnik definirajući strukturu i ponašanje interaktivnih sustava [17]. Upotrebljivost je na prvom mjestu. Dizajner se mora zapitati može li netko koristiti proizvod s lakoćom. To podrazumijeva lakoću učenja korištenja i same uporabe. Dizajn interakcija je bitan dio dizajna korisničkog iskustva. Dizajn korisničkog iskustva bavi se upotrebljivosti i funkcijom proizvoda ili usluge, a dizajn interakcije usmjeren je na upotrebu i poboljšanje interaktivnog iskustva što je presudan faktor korisničkog iskustva. Osim dizajnera u izradi interaktivnih dizajna sudjeluje i tim stručnih osoba iz područja psihologije, sociologije, komunikologije, antropologije i drugih srodnih humanističkih i tehnoloških znanosti te zahtjeva različite istraživačke metode u cilju razumijevanja želja i očekivanja budućih korisnika [18].

Interakcijski dizajn bavi se korisničkim sučeljem, korisničkim iskustvom i interakcijskim tokovima. Stvaranje dijaloga osobe i proizvoda, sustava ili usluge očituje se u 5 dimenzija: rad s riječima, vizualni prikaz, fizički objekti i okolina, vrijeme i ponašanje ili reakcija. Rad s riječima odnosi se na izbor riječi i strukturu rečenica koje se prikazuju korisniku kako bi dobio jasnu i nedvosmislenu informaciju. Bitna je hijerarhija teksta te navođenje korisnika na bitan i klikabilan sadržaj koji poštuje tipografska pravila. Vizualni prikaz su svi grafički elementi, animacije, slike ili videa, tj. sve što nije tekst. Grafičke elemente treba koristiti umjereno bez dodatnih ukrasa kako ne bi odvlačili pažnju s bitnih stvari. Prostor se odnosi na medij kojim korisnici vrše interakciju s proizvodom ili uslugom. Vrijeme je važno za elemente koji se mijenjaju u odnosu sa vremenom, što bi može biti video, animacija ili zvuk, a vrše interakciju s korisnikom. Ponašanje se bavi time kako prve četiri dimenzije definiraju interakciju, npr. načini na koje korisnik može izvršiti neku akciju ili kako proizvod reagira na korisnikove unose i kako pruža povratne informacije [18].

Interakcijski dizajn definira se kao dizajn interaktivnih proizvoda za podrška ljudima u njihovim svakodnevnim i radnim životima, uključujući psihološke i socijalne aspekte korisnika, stilove interakcije, zahtjeve korisnika, ažurirane pristupe dizajnu, upotrebljivost i procjenu, tradicionalne i buduće paradigme sučelja. uključujući sveprisutno i nosivo računarstvo, i uloga HCI teorije u informiranju dizajna [19]. Naglasak bi u budućnosti trebao biti na ljudima i njihovim zadacima, a ne na računalima i njihovim alatima. Dizajnerski proces trebao bi počinjati upravo razmatanjem komunikacije krajnjih korisnika i računala umjesto razmišljanja o tehničkim čimbenicima. Dizajner bi trebao polaziti od toga da programer može tehnološki ispuniti zadane ciljeve.

Dizajn interakcije i ergonomija usko su povezani kako bi se osiguralo da su digitalna sučelja dizajnirana imajući na umu fizičku udobnost i dobrobit korisnika. Dizajneri interakcije uzimaju u obzir ergonomske principe kada postavljaju elemente na zaslone ili dizajniraju faktore oblika uređaja. Ovo osigurava da korisnici mogu udobno komunicirati bez naprezanja očiju ili ruku. Ergonomija utječe na raspored komponenti sučelja, omogućujući korisnicima učinkovitu navigaciju, klikanje i interakciju. Dobro osmišljeni izgledi smanjuju nepotrebne pokrete i povećavaju brzinu dovršetka zadatka.

Dizajn interakcije i pristupačnost međusobno su povezani jer dizajneri interakcije igraju ključnu ulogu u omogućavanju korištenja digitalnih sučelja širokom rasponu korisnika, uključujući one s invaliditetom. Oni prate smjernice pristupačnosti od samog početka, osiguravajući da su sučelja dizajnirana da budu vidljiva, funkcionalna i razumljiva za korisnike s invaliditetom. Slijede utvrđene standarde pristupačnosti kako bi osigurali da pomoćna tehnologija može tumačiti i komunicirati s elementima sučelja kako je predviđeno. Dizajneri interakcije stvaraju sučelja koja su kompatibilna s raznim pomoćnim uređajima, kao što su čitači zaslona i programska rješenja za prepoznavanje glasa. Implementiraju uloge, stanja i svojstva pristupačnih internetskih aplikacija kako bi poboljšali kompatibilnost čitača zaslona [20].

Pristupačne bogate internetske aplikacije (engl. *Accessible, Rich Internet Applications*, ARIA) je termin koji se bavi pristupačnosti dinamičkog sadržaja za osobe s invaliditetom.

ARIA je skup smjernica i pregled tehnologija za digitalnu pristupačnost. Opisuje atribute i uloge koje se mogu dodati HTML-u, SVG-u i drugim web tehnologijama kako bi se poboljšala njihova pristupačnost. Glavna svrha ARIA-e je poboljšati pristupačnost web aplikacija koje koriste složene elemente korisničkog sučelja, kao što su prilagođeni widgeti, dinamički sadržaj i interaktivne komponente. Ovi elementi mogu predstavljati izazov za pomoćne tehnologije kao što su čitači zaslona u smislu tumačenja informacija, a time i pružanja smislenih informacija korisnicima [21].

Dizajn interakcija poprima nove dimenzije s holografijom, uvodeći trodimenzionalne interakcije koje zahtijevaju novi skup razmatranja. Dizajneri interakcija usredotočuju se na stvaranje prirodnih i intuitivnih gesta za manipuliranje holografskim objektima. Korisnici komuniciraju pomoću pokreta ruku, pogleda, glasovnih naredbi ili čak dodirnih povratnih informacija. Dizajneri razmatraju vizualne znakove koji pomažu korisnicima da percipiraju dubinu i prostorne odnose unutar holografskih scena. Brinu se da pruže vizualne znakove i povratne informacije koje ukazuju na utjecaj radnji korisnika na holografske elemente, povećavajući osjećaj angažmana, osiguravajući da digitalna iskustva nisu samo funkcionalna, već i da uvažavaju fizičku udobnost korisnika, različite sposobnosti i jedinstvene karakteristike novih tehnologija poput holografije.

2.3 Pomoćne tehnologije

Pomoćna ili asistivna tehnologija podrazumijeva svaki proizvod, dio opreme ili sustav, bez obzira upotrebljava li se u izvornom obliku, modificiran ili prilagođen, koji se koristi da bi se povećale, održale ili poboljšale funkcionalne mogućnosti osoba s invaliditetom [22]. Asistivne tehnologije i pomagala odgovaraju specifičnim potrebama osoba s različitim tjelesnim, senzornim, kognitivnim i komunikacijskim poteškoćama te tako omogućavaju osobama koje ih koriste veći stupanj nezavisnosti i samostalnosti, bogatiji i aktivniji život. Također omogućavaju pristup sadržajima koji bi u suprotnom bili potpuno nedostupni ili teško dostupni bez upotrebe takvih pomagala.

O samoj asistivnoj tehnologiji većina osoba s invaliditetom malo zna, a još je manje osoba ih koristi. Dostupnost programa, opreme i svega što nudi asistivna tehnologija u vrlo je maloj i

selektivnoj mjeri uključena u naš zdravstveni sustav, a važnu ulogu u popularizaciji asistivne tehnologije imaju udruge i obrazovni sustav. Budući da su pomoćne tehnologije namijenjene olakšavanju zdravstvenog i psihosocijalnog funkcioniranja, nedostatak sredstava za kupnju predstavlja prepreku, kao i politike koje postavljaju nizak prioritet u dodjeli resursa u tu svrhu. Manjak obučenog osoblja koje bi pomoglo u odabiru i dobivanju pomoćnih tehnologija također predstavlja prepreku unutar društvenog okruženja. Neuspjeh pružatelja usluga da zahtijeva sveobuhvatnu procjenu potrošačkih potreba, prioriteta i preferencija na početku procesa odabira, a kasnije i podrške također je značajna prepreka [8].

Složenost povezivanja osobe i tehnologije proizlazi ne samo iz jedinstvene kombinacije fizičkih, osjetilnih i kognitivnih sposobnosti pojedinca, već i iz očekivanja ljudi i reakcija na tehnologije [23]. Ove reakcije proizlaze iz osobnih potreba, sposobnosti, preferencija i prošlih iskustava s tehnologijama i izloženosti njima. Predispozicije za korištenje tehnologije također ovise o čimbenicima kao što su nečiji temperament osobnosti, subjektivna kvaliteta života/blagostanja, pogledi na fizičke sposobnosti, očekivanja za buduće funkcioniranje te financijsko i socijalno-okolišno stanje. S obzirom na jedinstvenost iskustva invaliditeta za svakog pojedinca i da individualne preferencije imaju tendenciju varirati, ključno je da rehabilitacijski psiholozi surađuju s pružateljima pomoćnih tehnologija koji imaju znanje i obuku za prepoznavanje odgovarajuće tehnologije za pojedinca i kako bi osigurali da je ta tehnologija prilagođena potrebama pojedinca. Za to je potrebna suradnja između inženjera, dizajnera, zdravstvenih radnika i pojedinaca koji će koristiti tehnologiju [24]. Preduvjet za postizanje odgovarajuće ravnoteže potpore i prilagodbe je sveobuhvatna procjena karakteristika tehnologije, pojedinca i relevantnih okruženja koja mogu utjecati na podudaranje između klijenta i pomoćnog uređaja ili drugog vida potpore [25].

Osoba s paralizom zbog teške ozljede leđne moždine može samostalno čitati knjigu pomoću elektroničkih uređaja za okretanje stranica i pisati uz pomoć ortoze, držača olovke ili programa za obradu teksta prilagođenog modificiranim načinima unosa podataka. Invalidska kolica na ručni i električni pogon mogu pružiti neovisnost u kretanju s mjesta na mjesto, a različita prilagođena pomagala i pribor mogu potaknuti neovisnost u higijeni i prehrani. Pružajući mogućnost da obavlja željene zadatke nude potencijal za pružanje osjećaja

autonomije kao i ponovnog povezivanja sa zajednicom. Prilagođavajući slabostima osobe i podupirući njezine snage, pomoćna tehnologija može smanjiti psihosocijalni, kao i fizički stres, dovodeći tako do poboljšane subjektivne kvalitete života i samopoštovanja [8].

Pomoćna tehnologija naširoko se koristi u obrazovnim okruženjima za podršku učenicima s invaliditetom. Može pomoći u čitanju, pisanju, komunikaciji i pristupu digitalnim izvorima. Mnoge zemlje imaju zakone i propise koji zahtijevaju da javni prostori, web stranice i proizvodi budu pristupačni osobama s invaliditetom, što je potaknulo razvoj i usvajanje pomoćne tehnologije. Omogućuje osobama s invaliditetom da veće mogućnosti zapošljavanja i učinkovitije obavljanje radnih zadataka. Moderna tehnologija omogućila je integraciju pomoćnih značajki u sustave pametnog doma, omogućujući kontrolu svjetla, uređaja i više putem glasovnih naredbi ili mobilnih aplikacija. Ima globalni utjecaj, pomažući milijunima osoba s invaliditetom diljem svijeta da prevladaju prepreke i poboljšaju svoj svakodnevni život. Usprkos svojim prednostima, pomoćna tehnologija može se suočiti s izazovima koji se odnose na cijenu, pristupačnost, obuku i kompatibilnost s postojećim sustavima. Stalno istraživanje i razvoj ključni su za držanje koraka s rastućim potrebama i tehnološkim napretkom, osiguravajući da pomoćna tehnologija ostane učinkovita i relevantna [26].

Proizvodi pomoćne tehnologije mogu se kategorizirati u različite skupine na temelju njihove namjene i vrsta invaliditeta kojima se bave. Ove kategorije pokazuju raznolikost proizvoda pomoćne tehnologije koji su dostupni za rješavanje jedinstvenih potreba osoba s invaliditetom. Kako tehnologija napreduje, neprestano se razvijaju nova i inovativna rješenja za poboljšanje pristupačnosti i promicanje inkluzivnosti.

2.3.1 Komunikacijska pomagala

Odabir komunikacijske pomoćne tehnologije ovisi o specifičnim potrebama, sposobnostima i preferencijama pojedinca. Te tehnologije imaju za cilj poboljšati komunikaciju i poboljšati kvalitetu života osoba s komunikacijskim poteškoćama, omogućujući im da se izraze, uključe u društvene interakcije i sudjeluju u svakodnevnim aktivnostima. Komunikacijske pomoćne tehnologije, koje se često nazivaju tehnologijama augmentativne i alternativne komunikacije (engl. *Assistive and Augmentative Communication*, AAC), alati su i strategije osmišljene za

pomoć osobama s komunikacijskim poteškoćama u izražavanju, interakciji s drugima i pristupu informacijama. Potpomognuta komunikacija (PK) ili alternativna i augmentativna komunikacija (AAK) integrirana je skupina sastavnica koja uključuje simbole, pomagala, strategije i tehnike koje korisnici rabe s ciljem jačanja komunikacije [27]. Ove tehnologije su posebno vrijedne za pojedince sa stanjima kao što su autizam, cerebralna paraliza, ALS (amiotrofična lateralna skleroza), afazija i drugi poremećaji govora i jezika. To su uređaji poput uređaja za generiranje govora i komunikacijskih aplikacija koje pomažu osobama s poteškoćama u govoru i komunikaciji da se izraze pomoću simbola ili tipkovnice [28]. Softver za pretvaranje teksta u govor pretvara upisani tekst u sintetizirani govor. Ova je tehnologija korisna za pojedince koji mogu tipkati, ali ne mogu govoriti. Može se integrirati u razne uređaje i aplikacije. Jednostavniji oblici komunikacijskih pomoćnih tehnologija je i ploča za pisanje koja može već imati slike ili simbole koje korisnici mogu pokazati.

Na slikama 1 i 2 prikazan je Tobii Communicator 5 je sveobuhvatno AAC rješenje koje nudi učinkovitu, fleksibilnu komunikaciju za osobe sa širokim rasponom jezičnih poteškoća. Pretvara tekst u jasan govor s raznim glasovnim opcijama za prirodiju komunikaciju. Može se koristiti s višestrukim metodama pristupa uključujući pogled očima i dodir. Uključuje samostalno korištenje Windowsa, elektroničke-pošte, telefona i kontrolu kućnog okruženja. Omogućuje korištenje popularnih alata kao što su Facebook, Netflix i WhatsApp putem pristupačnih aplikacija. Communicator 5 dostupan je na odabranim Windows i Tobii Dynavox uređajima [29].



Slika 1 Korisničko sučelje Tobii communicator 5



Slika 2 Tipkovnica Tobii Communicator 5

2.3.2 Pomagala za osobe s motoričkim poteškoćama

Pomoćne tehnologije za osobe s motoričkim poteškoćama osmišljene su kako bi pomogle osobama s ograničenom ili oštećenom tjelesnom pokretljivošću obavljati svakodnevne zadatke i lakše pristupiti digitalnom i fizičkom okruženju i pružile im stabilnost i pokretljivost. Ove tehnologije mogu uvelike varirati ovisno o specifičnim potrebama i sposobnostima pojedinca. Ovaj oblik pomoćnih tehnologija vidimo svakodnevno oko nas, na

primjer štake, protetski udovi i ortoze dizala ili invalidska kolica koja mogu biti na ručni ili električni pogon. Pomagala za digitalnu pristupačnost za osobe s motoričkim poteškoćama mogu biti tipkovnice i miševi različitih oblika i veličina sa posebno dizajniranim rasporedom i veličinom gumba. Uređaji za praćenje očiju omogućuju pojedincima upravljanje računalom ili komunikacijskim uređajem pomicanjem očiju.

Sustavi za pristup gumbima umjesto ekranima na dodir koriste osobe s ograničenom pokretljivošću. Na primjer, računalni miš kao na slici 3 koji ne pomiče pokazivač pokretom već pritiskom na jednu od četiri tipke ovisno o željenom smjeru. Postoje i tipke za lijevi i desni klik.



Slika 3 Računalni miš za osobe s motoričkim poteškoćama - *Mouse-button box* [62]

2.3.3 Pomagala za osobe s oštećenjem sluha i govora

Pomoćne tehnologije za osobe s oštećenjima sluha i govora imaju za cilj olakšati komunikaciju i poboljšati pristupačnost za osobe koje su gluhe, nagluhe ili imaju poteškoće s govorom. Te tehnologije mogu varirati od slušnih pomagala koja pojačavaju zvukove, čineći ih jasnijima i čujnijima do kirurški ugrađenih kohlearnih implantata koji izravno stimuliraju

slušni živac, omogućujući nekim osobama s teškim gubitkom sluha da percipiraju zvuk. Postoje i FM sustavi koji koriste bežični odašiljač i prijammnik za poboljšanje jasnoće govora u bučnim okruženjima. Sustavi indukcijske petlje služe u isti svrhu, ali uz pomoć magnetskog polja koje stvaraju. U digitalnom svijetu koriste se titlovi koji pružaju tekstualne prikaze izgovorenog sadržaja na televiziji, filmovima i događajima uživo, omogućujući osobama s oštećenjem sluha pristup audio informacijama. Video Relay Services omogućuje gluhim osoba uspostavu video poziva sa prevoditeljima znakovnog jezika koji se osobi s druge strane pretvara u glas.

Pomoćne tehnologije za osobe s oštećenjima govora osmišljene su kako bi pomogle pojedincima koji imaju poteškoća s govorom ili neverbalnom komunikacijom da učinkovitije komuniciraju. Ove tehnologije omogućuju pojedincima da se izraze, komuniciraju s drugima i sudjeluju u svakodnevnim aktivnostima. Oni koriste uređaje za generiranje govora koji su spomenuti u poglavlju Komunikacijska pomagala. Ovi uređaji omogućuju korisnicima odabir riječi, izraza ili rečenica putem različitih metoda unosa kao npr. zaslone osjetljivi na dodir, praćenje očiju, gumbi. Korisnici mogu prilagoditi vokabular i poruke svojim potrebama.

2.3.4 Pomagala za osobe s oštećenjem vida

Pomoćne tehnologije za osobe s oštećenjem vida osmišljene su kako bi poboljšale pristupačnost, neovisnost i kvalitetu života slijepih ili slabovidnih osoba. Ove tehnologije pomažu u zadacima kao što su čitanje, navigacija, komunikacija i pristup informacijama. Najčešće korištena pomagala su čitači ekrana, Brailleovo pismo, bijeli štap, povećala i digitalna povećala. Čitači ekrana pretvaraju tekst i elemente na zaslonu u sintetizirani govor ili Brailleov zapis. Najpopularniji čitači ekrana su Jaws, Nvda, Orca i Voice Overs. Optičko prepoznavanje znakova (engl. *Optical Character Recognition*, OCR) koristeći umjetnu inteligenciju pretvara tiskani tekst iz knjiga i dokumenata u digitalni tekst kojeg čitači zaslona mogu pročitati naglas. Pomoću Brailleovih znakova korisnici mogu čitati i komunicirati s digitalnim sadržajem pomoću Brailleovih znakova. Brailleovi pisači stvaraju dokumente na Brailleovu pismu omogućujući pojedincima da samostalno proizvode materijale na Brailleovom pismu. Za digitalni sadržaj koriste se Brailleovi zaslone, taktilni uređaji koji pružaju ispis na Brailleovom pismu u stvarnom vremenu s računala ili mobilnog uređaja.

3 TEHNOLOGIJA HOLOGRAMA

Holografija, tehnika stvaranja trodimenzionalnih slika pomoću koherentne svjetlosti, svoje početke vuče iz sredine 20. stoljeća. Koncept i principe koji stoje iza holografije razvio je mađarsko-britanski fizičar Dennis Gabor, koji je 1971. godine dobio Nobelovu nagradu za fiziku za svoj doprinos tom području. Dok je radio na poboljšanju elektronskih mikroskopa na Imperial Collegeu u Londonu, Gabor je razvio teoriju holografije kao načina poboljšanja rezolucije elektronske mikroskopije. Odlučio ju je ispitati na običnom fotografskom filmu. Koristeći prirodnu svjetlost, uspio je zabilježiti difrakcije nefokusiranih valnih elektrona. Ta je fotografija prvi hologram ikada napravljen te ga je nazvao grčkim riječima „holos“ što znači cijelo odnosno kompletno i „graphos“ što znači pisati/crtati. Fotografija je bila loše kvalitete obzirom na to da je koristio prirodnu svjetlost, a ne koherentni izvor. Predložio je da korištenje koherentnog svjetla za snimanje interferencijskih uzoraka može uhvatiti informacije o amplitudi i fazi svjetlosnih valova, omogućujući ponovno stvaranje trodimenzijskih slika. Iako je Gaborov teorijski rad postavio temelje, ograničen tehnologijom u to vrijeme nije mogao dokazati svoju teoriju stoga on nije stvorio pravi hologram [30].

Holografija je napravila značajan korak naprijed s izumom lasera. Prvi hologram na laserski pogon stvorio je Yuri Denisyuk u Sovjetskom Savezu 1963. godine. Ovaj laserski pristup dao je koherentnu svjetlost koja je uvelike poboljšala kvalitetu holograma. Kako su laseri postajali sve dostupniji, praktična holografija počela je dobivati maha. Koherentna svojstva laserskih zraka savršeno odgovaraju Gaborovoj teoriji te je pomoću njih uspješno stvoren prvi hologram 3D objekta u visokoj rezoluciji. Prvi snimljeni hologram napravio je mađarski fizičar István Szilárd 1948. Szilárdov hologram bio je mala figurica igračka. Nakon novih otkrića, interes za holograme je naglo porastao. Privukao je pozornost u popularnoj kulturi kao futuristička i vizualno upečatljiva tehnologija. Potencijalne primjene holografije u umjetnosti, zabavi, znanstvenoj vizualizaciji i sigurnosti postale su očite. Pravi razvoj i praktična realizacija holografije započeli su 1960-ih. Razvijena je holografija „izvan osi“, koja je koristila referentnu zraku koja se nije preklapala sa zrakom objekta. To je omogućilo stvaranje stabilnijih i jasnijih holograma. Stephena Bentona, američki fizičar, 1968. godine razvio je duginu holografiju, tehniku koja je omogućila proizvodnju holograma u punoj boji

pomoću bijele svjetlosti. Ova je inovacija proširila mogućnosti holografije u umjetničke i komercijalne svrhe. 1970-ih i 1980-ih godina holografija je stekla popularnost kao umjetnički medij. Izložbe holografske umjetnosti prikazale su jedinstvene kvalitete trodimenzionalnih holografskih slika. Pojavile su se i komercijalne primjene, poput sigurnosnih holograma na kreditnim karticama i novčanicama. Holografija je i dalje ključni alat u stvaranju sigurnih holograma otpornih na neovlašteno korištenje za provjeru autentičnosti, mjere protiv krivotvorenja i zaštitu dokumenata. Hologrami se koriste na kreditnim karticama, identifikacijskim dokumentima i novčanicama kao sigurnosna značajka za sprječavanje krivotvorenja. Holografske naljepnice i oznake koriste se za provjeru autentičnosti proizvoda, od luksuzne robe do lijekova. Ovi rani razvoji postavili su temelje za kontinuirani rast holografije kao svestrane tehnologije. Moderna holografija nastavila se razvijati i diverzificirati od svog početka, zahvaljujući napretku u tehnologiji, materijalima i razumijevanju temeljnih principa [31] [32].

Digitalna holografija je snimanje holograma pomoću digitalnih senzora (kao što su CCD ili CMOS kamere) i njihovu digitalnu rekonstrukciju. To je dovelo do holografskih prikaza u stvarnom vremenu, aplikacija za medicinske slike i 3D mikroskopije s primjenama u biologiji i nanotehnologiji. Holografija pruža istraživačima moćan alat za vizualizaciju složenih znanstvenih podataka, kao što su molekularne strukture, dinamika fluida i astronomski fenomeni. Sjecište kvantne fizike i holografije dovelo je do koncepta poput kvantne holografije, gdje su informacije kodirane u kvantnom stanju i dohvaćene pomoću holografskih tehnika. To ima implikacije na kvantno računalstvo i teoriju informacija. Složeni znanstveni podaci, kao što su molekularne strukture, astronomski fenomeni i dinamika fluida, mogu se prikazati i istražiti u holografskom obliku radi jasnijeg razumijevanja. Napredak u znanosti o materijalima doveo je do razvoja novih holografskih medija za snimanje, omogućujući kvalitetnije i učinkovitije holograme. Holografija je istražena zbog svog potencijala u nanotehnologiji, uključujući primjene u pohranjivanju podataka, manipulaciji nanočesticama i stvaranju zamršenih nanostruktura. Holografija ima primjenu i u medicinskom oslikavanju, kao što je stvaranje detaljnih 3D modela tkiva i organa za poboljšanu dijagnostiku i kirurško planiranje. Također ima potencijala u područjima poput oftalmologije i endoskopije. Holografija može stvoriti detaljne 3D modele organa, tkiva i

medicinskih podataka za poboljšanu vizualizaciju u područjima kao što su radiologija, planiranje kirurgije i medicinsko obrazovanje. Kirurzi mogu koristiti holografske prikaze anatomije specifične za pacijenta za bolje planiranje i izvođenje složenih zahvata. Napredna holografska tehnologija mogla bi omogućiti realističnu daljinsku komunikaciju, gdje se korisnici pojavljuju kao realistični hologrami u stvarnom vremenu, pružajući prirodniji i zanimljiviji oblik telekonferencije. Holografska teleprisutnost omogućuje udaljenim sudionicima da se pojave kao realistični 3D hologrami na sastancima u stvarnom vremenu, poboljšavajući komunikaciju i suradnju. Hologrami bi se mogli koristiti za virtualna obiteljska okupljanja, poslovne sastanke ili edukativna predavanja [33] [34].

Holografija ima potencijal poboljšati AR i MR iskustva pružanjem realističnog 3D sadržaja koji se neprimjetno integrira sa stvarnim svijetom. Holografski elementi mogu se projicirati u korisnikovo vidno polje, stvarajući impresivnija i interaktivnija iskustva. Holografija može poboljšati realizam iskustava virtualne stvarnosti (engl. *Virtual Reality*, VR) i proširene stvarnosti (engl. *Augmented Reality*, AR) dodavanjem dubine i dimenzije digitalnom sadržaju. Holografski zasloni mogu omogućiti projiciranje AR sadržaja u fizičko okruženje, stvarajući besprijekorna iskustva mješovite stvarnosti [35] [36].

Moderni umjetnici i dizajneri istražuju holografiju kao kreativni medij. Holografske umjetničke instalacije i izložbe nude jedinstvena iskustva koja spajaju tehnologiju i umjetnički izričaj. Holografija se može koristiti za očuvanje kulturnih artefakata stvaranjem 3D holografskih replika osjetljivih ili vrijednih predmeta. Hologrami se koriste na koncertima, kazališnim predstavama i događajima uživo za stvaranje vizualno zapanjujućih izvedbi s virtualnim izvođačima ili dinamičnim vizualnim efektima. Holografski zasloni mogu pružiti impresivna iskustva igranja dovođenjem virtualnih likova i okruženja u fizički prostor. Umjetnici koriste holograme kao medij za stvaranje vizualno upečatljivih i interaktivnih umjetničkih djela. Arhitekti i dizajneri mogu koristiti holograme za vizualizaciju dizajna zgrada u tri dimenzije, omogućujući klijentima da istraže prostore prije početka gradnje. Urbanisti mogu koristiti holografske modele za simulaciju i prezentaciju projekata razvoja grada. Holografski modeli omogućuju dizajnerima i inženjerima da ispituju prototipove u 3D, što olakšava prepoznavanje nedostataka ili poboljšanja dizajna prije

proizvodnje. Holografski zaslone mogu prikazati proizvode na zadivljujući način, privlačeći pozornost kupaca i pružajući interaktivne demonstracije proizvoda. Hologrami se mogu koristiti za privlačne reklamne kampanje i promotivne događaje. Istraživači rade na stvaranju pravih 3D holografskih zaslona koji gledateljima omogućuju gledanje i interakciju s hologramima bez potrebe za posebnim naočalama ili zaštitnim naočalama. Iako je postignut napredak, još uvijek postoje izazovi koje treba prevladati u smislu rezolucije, vidnog polja i skalabilnosti za potrošačke aplikacije [37].

Scenariji obuke i osposobljavanja, kao što su simulacije pilotske kabine zrakoplova ili rad industrijskih strojeva, mogu se replicirati u hologramima za praktičnu praksu. Hologrami mogu simulirati scenarije katastrofe i postupke hitnog odgovora, pružajući obuku za one koji prvi reagiraju u realističnim, ali kontroliranim okruženjima. Na primjer, istraživački projekt pod nazivom *Holodisaster* razvija holografске simulacije katastrofa koje se mogu gledati pomoću tehnologije HoloLens [38].

Ovi slučajevi upotrebe pokazuju svestranost i potencijal holograma da transformiraju način na koji učimo, komuniciramo, stvaramo i komuniciramo s informacijama i našom okolinom. Kako tehnologija napreduje, praktične primjene holografije vjerojatno će se još više proširiti. Unatoč napretku, ostaju izazovi u smislu stvaranja većih, realističnijih i lakše dostupnih holografskih zaslona. Prevladavanje tehničkih ograničenja i smanjenje troškova bit će važni da holografija postane mainstream tehnologija. Kako tehnologija napreduje, holografija će vjerojatno igrati značajnu ulogu u oblikovanju različitih područja, od komunikacije i zabave do zdravstvene skrbi i znanstvenih istraživanja. Dok neki izazovi i dalje postoje, istraživanje i inovacije koje su u tijeku imaju potencijal za otključavanje novih mogućnosti i primjena holografije u budućnosti.

4 OZBILJNE IGRE

Ozbiljne igre su igre koje imaju drugu svrhu osim zabave. Koriste se za promicanje učenja i promjene ponašanja. Ozbiljno igranje se koristi u raznim područjima kao što su obrazovanje, zdravstvo, marketing i druge industrije. Koriste se i u vojsci za potrebe obuke, u marketingu za stjecanje i zadržavanje kupaca, od strane vlada za stvaranje društvene svijesti i za istraživačke svrhe. Potencijal ozbiljnih igara odnosno igara sa svrhom tek se počinje otkrivati. Snaga ozbiljnih igara je u tome što su zabavne, privlačne i impresivne. Igranje igara je zabavno i stvara pozitivne emocije koje pospješuju učenje. Istraživanja su pokazala da učenici koji koriste igre za učenje imaju poboljšano iskustvo učenja u usporedbi s tradicionalnim metodama učenja. Ozbiljne igre kombiniraju strategije učenja, znanje i strukture te elemente igre za podučavanje specifičnih vještina, znanja i stavova. Osmišljene su za rješavanje problema i uključuju izazove i nagrade, koristeći zabavu i angažirajuće komponente tijekom igranja igre. Ozbiljne igre daju novi alat za prijenos informacija i znanja. Zbog načina na koji su dizajnirane, uvijek motiviraju igrača da nastavi igrati. Nagrade, izazovi, napredovanje priče i druga sredstva povratnih informacija ostvaruju veći angažman i uranjanje u sadržaj.

Ideja o igranju igrica datira iz davne prošlosti i smatra se sastavnim dijelom svih društava. Neke od tih igara već su služile "ozbiljnoj" svrsi, na primjer, Mancala, igra osmišljena oko 1400. pr. Kr., korištena je kao računovodstveni alat za trgovinu životinjama i hranom [39] [40]. U novijoj povijesti, veća postignuća ozbiljnih igara počinju 1970ih kada Clark Abt izdaje knjigu u kojoj u kojoj opisuje inovativne metode kojima se može poboljšati obuka, obrazovanje i pristup planiranju i rješavanju problema u vladi i industriji. Tada nastaju i ratne igrice koje se koriste kao edukacijski alat u Sjedinjenim Američkim Državama.

Ozbiljne igre brzo rastu kao industrija igara, kao i polje akademskog istraživanja. Postoji mnogo istraživanja u području digitalnih ozbiljnih igara, međutim, većina anketa je specifična za određeno područje kao što je obrazovanje ili zdravstvo. Do sada je učinjeno malo rada na istraživanju digitalnih ozbiljnih igara općenito. Tržište ozbiljnih igara sada iznosi 20 milijuna dolara, a digitalno igranje je industrija vrijedna 10 milijardi dolara godišnje, a očekuje se da će tržište rasti tijekom sljedećeg desetljeća. ozbiljne igre također postaju sve važnije na

globalnom tržištu obrazovanja i osposobljavanja, koje je 2003. procijenjeno na 2 trilijuna dolara [40]. Imaju mnogobrojne pozitivne učinke takvih igara ili aplikacija iz srodnih i ponekad preklapajućih područja kao što su e-učenje, obrazovna zabava, učenje temeljeno na igricama i učenje temeljeno na digitalnim igrama. Uz očite prednosti, poput dopuštanja učenicima da iskuse situacije koje su nemoguće u stvarnom svijetu zbog sigurnosti, cijene, vremena itd., ozbiljne igre mogu imati pozitivan učinak na razvoj velikog broja različitih vještina kod igrača [41].

Ozbiljne igre su interaktivna digitalna ili analogna iskustva osmišljena s namjerom prenošenja edukativnih, informativnih ili dojmljivih poruka uz uključivanje elemenata igre i zabave. Ove igre nadilaze puku zabavu i teže postizanju specifičnih ciljeva, kao što je podučavanje novim vještinama, podizanje svijesti o određenim problemima, promicanje promjena u ponašanju ili simulacija scenarija iz stvarnog svijeta u svrhu obuke. Ozbiljne igre mogu pokriti širok raspon tema, uključujući obrazovanje, zdravstvenu skrb, poslovanje, vladu, društvena pitanja i još mnogo toga. Mogu imati različite oblike, kao što su računalne simulacije, mobilne aplikacije, društvene igre, iskustva virtualne stvarnosti i više. Na primjer, ozbiljna igra može biti osmišljena da pouči medicinske stručnjake o složenim kirurškim zahvatima, da pomogne pojedincima da nauče financijsku pismenost, da podigne svijest o očuvanju okoliša ili da obučava zaposlenike o sigurnosnim protokolima na radnom mjestu. Učinkovitost ozbiljnih igara leži u njihovoj sposobnosti da uključe korisnike u impresivna iskustva koja olakšavaju učenje, rješavanje problema, donošenje odluka i kritičko razmišljanje, često na privlačniji i pamtljiviji način u usporedbi s tradicionalnim obrazovnim metodama [42].

Igre zabavnima čini interaktivni element dok u knjigama, filmovima ili drugim jednosmjernim metodama učenja igrač ne može komunicirati sa subjektom/entitetom. To im omogućuje da eksperimentiraju i igraju se s različitim ishodima svojih radnji što i jest sama priroda načina na koji ljudi uče. U stvarnom svijetu postupci imaju mogu rezultirati materijalnom štetom ili ozljedama, a igre odnosno virtualno okruženje daju siguran prostor za eksperimentiranje bez opasnosti brige o mogućoj materijalnoj ili drugoj šteti. Igre koriste metafore za lakšu vizualizaciju složenih tema, ali i kako bi dale svrhu igranju [43].

Ozbiljne igre koriste se iz raznih razloga zbog svojih jedinstvenih karakteristika i prednosti. Često se koriste kao obrazovni alati za podučavanje složenih koncepata, vještina i postupaka. Pružaju zanimljivo i interaktivno okruženje za učenje koje može simulirati scenarije iz stvarnog svijeta. Ozbiljne igre pomažu učenicima da razviju praktične vještine kroz praktična iskustva. Ove igre mogu pokriti širok raspon tema, od učenja jezika do tehničkih vještina, i mogu biti osobito učinkovite za ovladavanje vještina kroz ponovljeno vježbanje i primjenu. Ozbiljne igre mogu se osmisliti za promicanje pozitivnih promjena ponašanja, poput usvajanja zdravih navika ili donošenja ekološki prihvatljivih odluka. Predstavljajući scenarije i posljedice unutar igre, korisnici mogu razumjeti utjecaj svojih odluka na vlastite živote ili svijet oko sebe [44].

Ozbiljne igre koriste se za podizanje svijesti o važnim društvenim i ekološkim problemima. Igrači mogu iskusiti i razumjeti izazove s kojima se suočavaju pojedinci ili zajednice, pomažući u njegovanju empatije i poticanju na djelovanje. Mnoge ozbiljne igre izazivaju igrače složenim problemima koji zahtijevaju kritičko razmišljanje i kreativna rješenja. Ove igre potiču igrače da analiziraju situacije, donose odluke i uče iz posljedica svojih izbora. Zabavna priroda ozbiljnih igara povećava motivaciju i angažman u usporedbi s tradicionalnim metodama učenja. Veća je vjerojatnost da će igrači uložiti vrijeme i trud u svladavanje vještina ili razumijevanje koncepata kada su predstavljeni u interaktivnom i korisnom formatu. Ozbiljne igre mogu se koristiti za procjenu korisnikovog znanja, vještina i sposobnosti donošenja odluka u kontroliranom okruženju. To može biti osobito vrijedno u područjima kao što su zdravstvena skrb i odgovor na hitne slučajeve, gdje testiranje u stvarnom svijetu možda nije izvedivo ili sigurno. Ozbiljne igre mogu se koristiti i za prikupljanje podataka o ponašanju korisnika, obrascima donošenja odluka i napretku učenja. Ti se podaci mogu analizirati kako bi se poboljšala učinkovitost igre ili kako bi se dobio uvid u korisničke preferencije i tendencije [40].

Neke ozbiljne igre dizajnirane su za poboljšanje kognitivnih funkcija kao što su pamćenje, pozornost i vještine rješavanja problema. Ove se igre često koriste u kognitivnoj terapiji ili rehabilitacijskim programima. Ozbiljne igre omogućuju istraživačima i profesionalcima da istraže inovativne načine predstavljanja informacija i angažiranja učenika. Oni nude

platformu za eksperimentiranje s novim pedagoškim tehnikama i tehnologijama. Sve u svemu, ozbiljne igre nude svestran i učinkovit pristup obrazovanju, obuci i promjeni ponašanja iskorištavanjem zanimljive i sveobuhvatne prirode interaktivnog igranja [45].

5 APLIKACIJA HOLOZOO

Aplikacija HoloZoo osmišljena je kako bi korisnici učili o ugroženim životinjskim vrstama te samim time postali svjesniji o tome kako se moraju brinuti o okolišu u kojem žive jer i njihovi postupci utječu na održanje okoliša u kojem živimo. Omogućuje pregled životinja na cijelom svijetu te bitnih detalja o njima, između ostaloga i ugroženost te vrste. Svaku tu vrstu može se vidjeti i kao 3D model odnosno holografski prikaz što se pokazalo kao uspješan način za držanje pažnje. U ovoj ozbiljnoj igri naučeno znanje se može provjeriti i utvrditi kroz igru kviza. Korisnici bi pomoću ove aplikacije trebali naučiti identificirati staništa, način prehrane, populaciju određenih životinja, klasificirati životinje prema stupnju ugroženosti, identificirati geografska mjesta gdje žive visokorizične vrste i identificirati načine očuvanja. Promiče se korištenje ekološki prihvatljivih rješenja u obrazovne svrhe s opcijama pristupačnosti temeljene na Dizajnu za sve. Primarni cilj aplikacije je upoznati korisnike s konceptom ugroženih vrsta i njihovim staništima, potičući razumijevanje hitne potrebe za borbom protiv klimatskih promjena i zaštitom resursa našeg planeta. Ciljana skupina korisnika su djeca, ali to mogu biti i druge skupine korisnika koje žele učiti o životinjama i ugroženim vrstama. Razvijena imajući na umu načela Dizajna za sve, ova aplikacija osigurava inkluzivnost pružajući uslugu raznolikom rasponu mladih učenika. Sučelje je intuitivno dizajnirano, prilagođeno različitim stilovima učenja i sposobnostima. Vizualna pomagala, zvučni znakovi i interaktivni elementi promišljeno su ugrađeni kako bi se prilagodili različitim kognitivnim sposobnostima, osiguravajući da se svako dijete može smisleno uključiti u sadržaj. Koristeći holografsku tehnologiju, aplikacija pretvara iskustvo učenja u putovanje istraživanja i otkrivanja. Djeca mogu virtualno komunicirati s ugroženim vrstama u njihovim prirodnim staništima, stječući duboko razumijevanje zamršenih odnosa koji održavaju ekosustave.

5.1 Projekt Play2Green

Aplikacija je izrađena u sklopu međunarodnog ERASMUS+ projekta Play2Green. Ističe se svojim snažnim naglaskom na multikulturalnosti i globalnom izazovu klimatskih promjena. Osnovni cilj ovog projekta je podizanje svijesti o okolišu i potrebi borbe protiv klimatskih promjena putem razvoja novih nastavnih i edukativnih materijala koji se oslanjaju na inovativne tehnologije. Posebna pažnja posvećuje se razvoju ozbiljnih igara, čija svrha nije

samo zabava, već i edukacija. Ove igre imaju široku primjenu u raznim industrijama, no fokus ovog projekta je na edukativnim aplikacijama i primjeni tehnologija u obrazovanju. Ključna vodilja pri razvoju ovih igara je Univerzalni dizajn, poznat i kao "dizajn za sve. Ovo osigurava da što veći broj ljudi može koristiti ove edukativne alate kako bi se educirali o važnim temama kao što su okoliš, održivost i borba protiv klimatskih promjena. Projekt također obrađuje teme ugroženih životinja i biljaka, te se koriste inovativne metode i pristupi učenju kako bi se osvijestila javnost o nužnosti očuvanja prirode. Ovaj internacionalni projekt igra ključnu ulogu u pripremi budućih generacija za djelovanje i rješavanje problema planeta Zemlje prevenciju stvaranja novih problema te promovira kulturu očuvanja okoliša na globalnoj razini [46].

5.2 Definicija problema

Aplikacija obrađuje problem nedostatka svijesti o očuvanju okoliša u obrazovanju djece nižih razreda koristeći načela dizajna za sve. Cilj aplikacije je podići svijest o ugroženim vrstama i njihova staništa i potaknuti borbu protiv klimatskih promjena koristeći holografsku tehnologiju za stvaranje zanimljivih i privlačnih obrazovnih iskustava za djecu kako djeca ne bi odrastala bez osjećaja za odgovornost za zaštitu planeta i njegovih resursa. Svaki 3D holografski model životinje popraćen je detaljnim obrazovnim informacijama. Korisnici mogu istražiti pojedinosti o ponašanju životinja, staništima, prehrani i prijetnjama s kojima se suočavaju zbog promjena u okolišu. Djeca koja nisu svjesna ovog problema ne mogu razumjeti važnost, a skretanjem njihove pozornosti na ovaj važan problem može pomoći nadahnuti sljedeće generacije ekologa i promovirati održive prakse. Aplikacija nastoji usaditi osjećaj odgovornosti za planet i njegove ekosustave korištenjem holografске tehnologije za stvaranje zadivljujućih i impresivnih obrazovnih iskustava. U svijetu koji se kojom prijetuje klimatske promjene i gubitak bio raznolikosti, potreba za ranim obrazovanjem o pitanjima zaštite okoliša postaje najvažnija. Potencijalne posljedice, izumiranje životinja i biljaka, onečišćenje i degradaciju staništa, a time i uništavanje ekosustava, naglašavaju potrebu za ranom intervencijom. Ova važna problematika zahtijeva djelovanje i pozornost upravo zbog gore navedenih potencijalnih opasnosti. Djeca koja odrastaju bez svijesti o ovim problemima vjerojatno neće shvatiti njihov značaj u oblikovanju budućnosti planeta. Osposobljava djecu znanjem i empatijom, odgajajući generaciju ekološki osviještenih pojedinaca. Kroz ovaj

zanimljiv obrazovni alat imamo priliku potaknuti novi val zagovornika okoliša i poticati održiva ponašanja koja će doprinijeti očuvanju našeg planeta za generacije koje dolaze.

5.3 Funkcionalnosti i dizajn sučelja

Glavne funkcionalnosti aplikacije su učenje o životinjama i kviz znanja. Aplikacija omogućuje korisnicima da prilagode svoje iskustvo, prilagođavajući postavke kao što su jezik, razina težine kvizova i tempo učenja. Naglasak je na funkcionalnostima pristupačnosti.

Korisnika se unaprijed upoznaje s preduvjetom za prikaz holografskih funkcionalnosti na drugom uređaju odnosno daju mu se upute za instalaciju i odabirom vrste uređaja, glavnog uređaja ili dodatnog koji služi isključivo za prikaz holograma.

5.3.1 Logotip aplikacije HoloZoo

Na slici 4 je prikazan logotip aplikacije. Koristi varijacije plave i zelene boje jer te boje najčešće asociraju na ekologiju i očuvanje okoliša. Na slici 5 je ikona aplikacije na uređaju.



Slika 4 Logotip aplikacije HoloZoo



Slika 5 Ikona aplikacije HoloZoo na GooglePlay-u

5.3.2 Korištene boje

Slika 6 prikazuje paletu boja koje su korištene za dizajn korisničkog sučelja. Glavna boja aplikacije je zelena boja te se koriste tri varijacije svake boje, svijetla, srednja i tamna. Kao što je spomenuto uz prethodnom potpoglavlju, zelena boja je odabrana jer asocira na ekologiju i očuvanje okoliša. Bijela i siva su korištene radi dobrog kontrasta na zelenu i crvenu boju. Crvena boja odabrana je za označavanje pogrešnih odgovora.



Slika 6 Paleta korištenih boja

5.3.3 Početni ekran

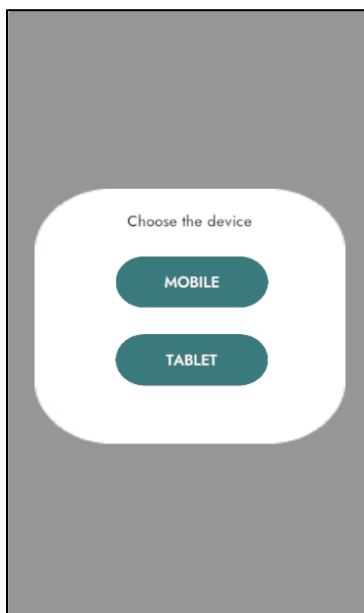
Početni ekran, koji se može vidjeti na slici 7, služi kako bi se prije pokretanja aplikacije uređaj povezo na bazu podataka i na Photon poslužitelj koji služi kao posrednik podataka između mobilnog uređaja i tableta. Animacija prikazivanja logotipa traje 5 sekundi što je najčešće dovoljno za povezivanje.



Slika 7 Početni ekran

5.3.4 Odabir uređaja

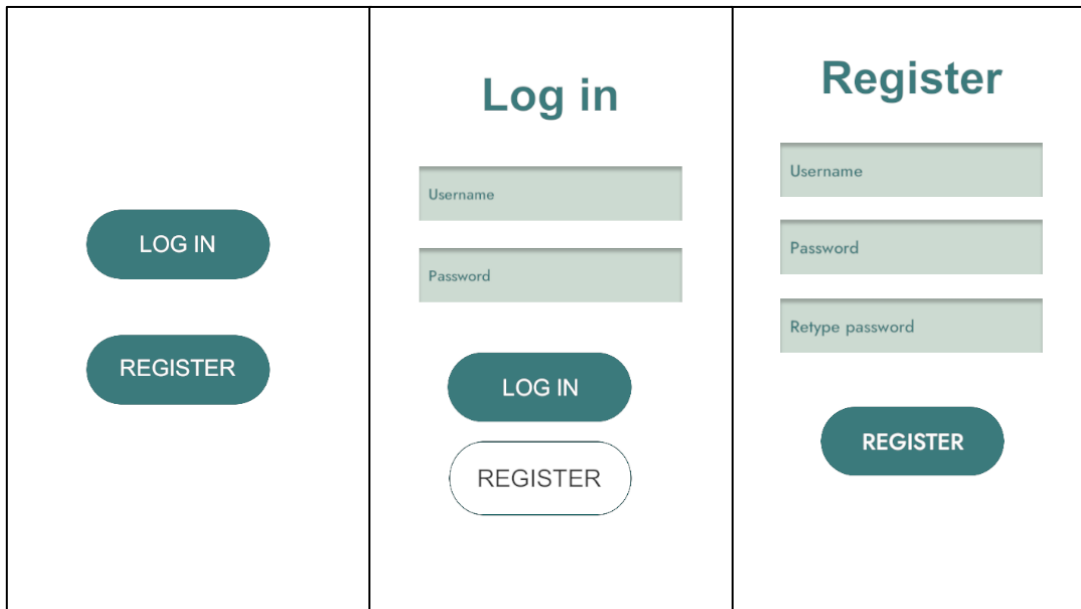
Aplikaciju je potrebno instalirati na dva uređaja, a na ekranu sa slike 8 se odabire je li uređaj koji se trenutno koristi mobitel ili tablet.



Slika 8 Ekran odabira uređaja

5.3.5 Prijava i registracija

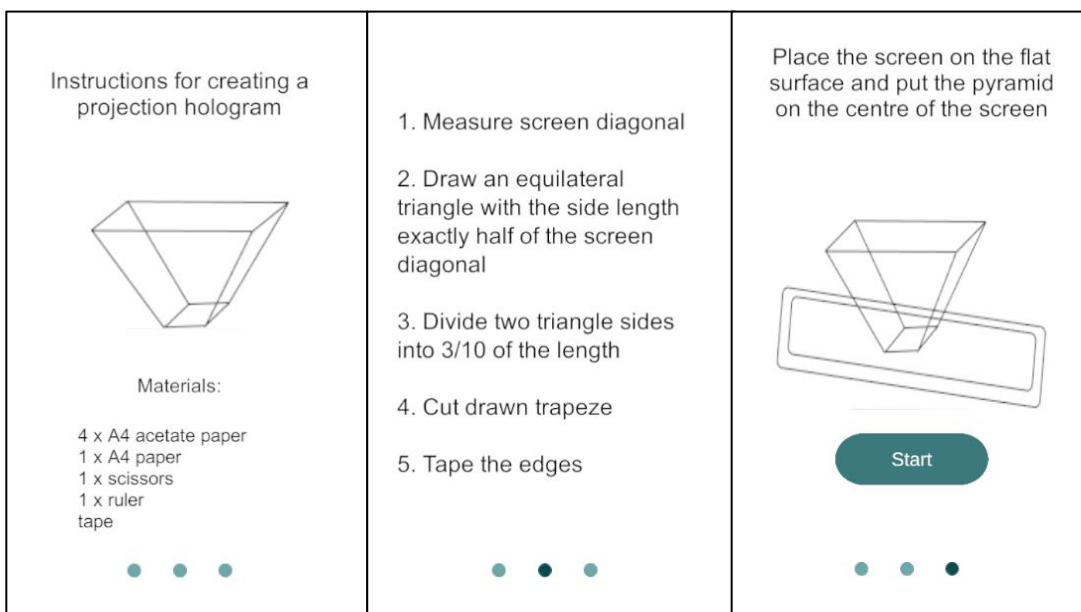
Ekran prijava i registracije prikazani su na slici 9. Ako korisnik nije prethodno koristio aplikaciju on će odabrati gumb za registraciju koji će ga odvesti na ekran gdje mora upisati svoje korisničko ime te lozinku dva puta, dok se kod prijave lozinka upisuje samo jednom.



Slika 9 Ekran prijave i registracije

5.3.6 Upute za izradu piramide

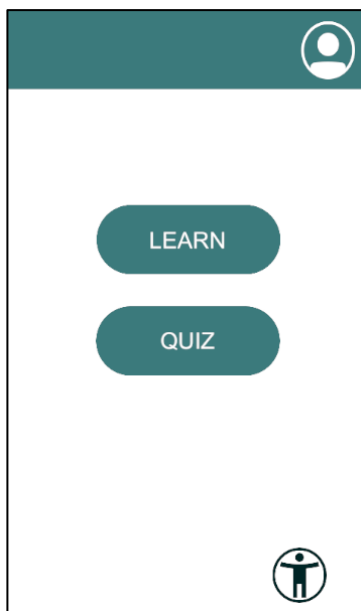
Krnja piramida za prikaz holograma na tabletu može se kupiti gotova ili korisnik može izraditi svoju. Upute za izradu piramide, prikazane su na slici 10, a sastoje se od tri ekrana na kojima se tekstualno i vizualno prikazuje korisniku kako da napravi svoju krnju piramidu koju će kasnije postaviti na uređaj za prikaz holograma.



Slika 10 Upute za izradu piramide

5.3.7 Glavni ekran

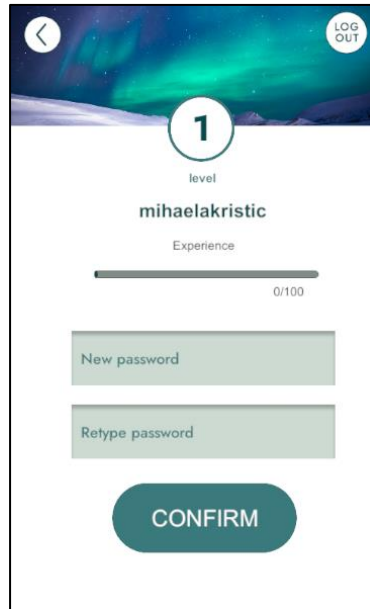
Putem glavnog ekrana, kojeg se može vidjeti na slici 11, korisnik može pregledati svoj profil, pristupiti funkcionalnostima pristupačnosti i odabrati želi li učiti ili igrati kviz.



Slika 11 Glavni ekran

5.3.8 Korisnički profil

Korisnički profil služi kao poticaj za daljnjim korištenjem aplikacije sakupljanjem bodova i prelaskom na novu razinu. Nakon uspješnog završetka izazova kviza, korisnici zarađuju bodove iskustva. Kako skupljaju iskustvo, napreduju kroz različite razine unutar aplikacije. Prelazak na višu razinu pruža osjećaj postignuća i čime se otključavaju nove značajke i sadržaj tj. 3D modeli životinja. Na korisničkom profilu, prikazanom na slici 12, korisnik može vidjeti svoju razinu, broj bodova kao i broj bodova potreban za prelazak na iduću razinu pružajući korisniku vizualni prikaz njegovog obrazovnog putovanja. Također može promijeniti lozinku profila.



Slika 12 Korisnički profil

5.3.9 Učenje

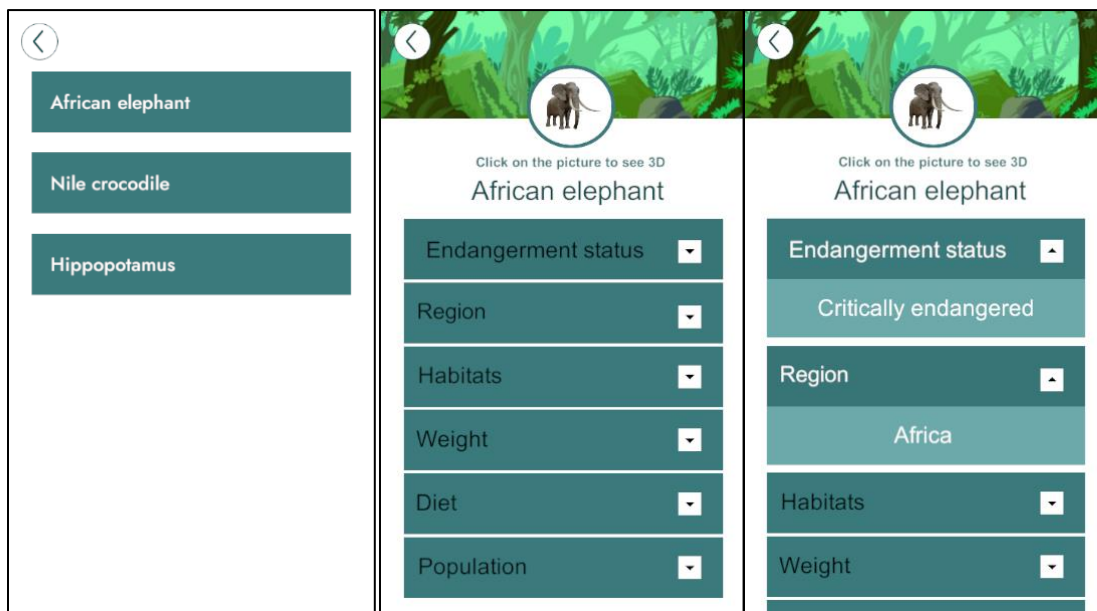
Učenje o životinjama realizira se kao vizualizacija putem 3D modela uz popratni tekst na mobilnom uređaju. Popratni tekst nije originalno napisan već je preuzet gotovi tekst. Vizualizaciju se može ostvariti putem sučelja pregleda planeta zemlje u 3D obliku ili kroz izbornik u obliku popisa životinja.

5.2.8.1 Pregled životinja i informacija

Nakon što korisnik odabere da želi učiti, a ne igrati kviz prikazuje se ekran sa slike 13 gdje se može odabrati način učenja tj. želi li korisnik pregledati informacije za specifičnu životinju ili interaktivni model planeta Zemlje na kojem kasnije odabire životinju od interesa po području. Ako korisnik odabere da želi pregledati listu životinja tada mu se prikazuje prvi ekran sa slike 14, dok druga dva ekrana prikazuju kako izgleda pregled svih informacija o životinjama. Sa tog ekrana pritiskom na sliku životinje može se prikazati holografski prikaz 3D modela.



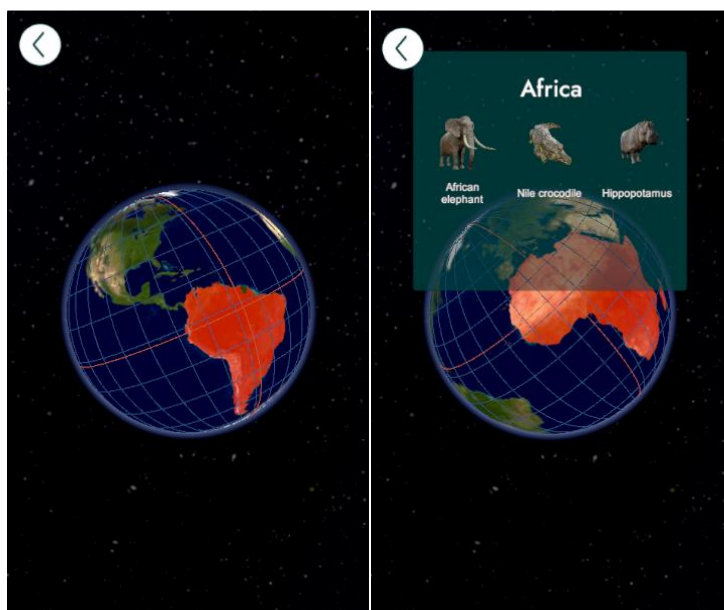
Slika 14 Ekran odabira načina učenja



Slika 13 Ekran prikaza informacija o životinjama

5.2.8.2 Interaktivni model planeta Zemlje

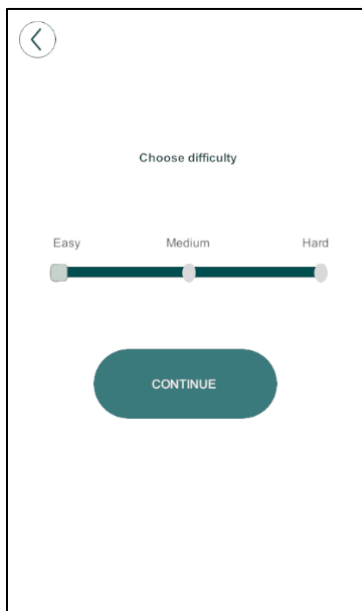
Interaktivni model planeta Zemlje, koji se može vidjeti na slici 15, prikazuje koje regije naseljavaju koje životinjama. Korisnici mogu istraživati te regije, stječući uvid u različite ekosustave i staništa diljem svijeta.



Slika 15 Ekran interaktivnog modela planete Zemlje

5.3.10 Kviz

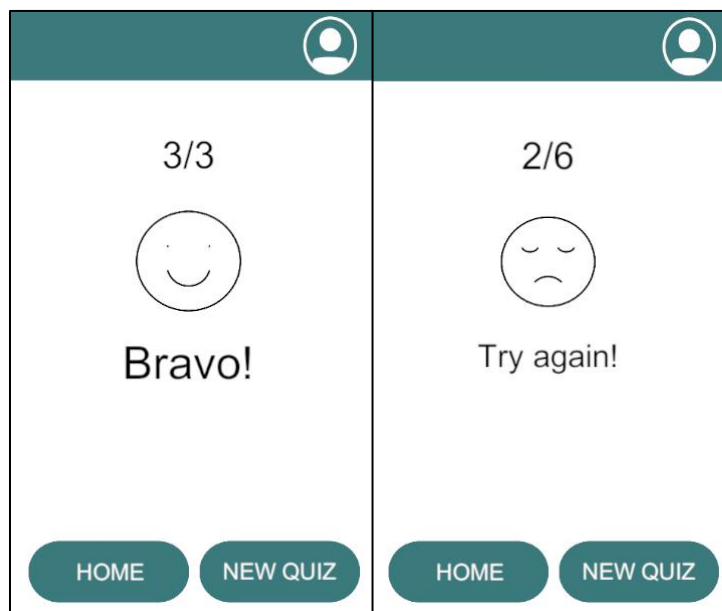
Korisnik može pristupiti kvizu znanja sa početnog ekrana putem kojeg će ispitati znanje koje je stekao učenjem koristeći aplikaciju. Korisnik može odabrati težinu kviza što je prikazano na slici 16. Shodno tome dobit će veći ili manji broj pitanja odnosno bodova po kvizu. Nakon odabira težine kviza, prikazuje se prvo pitanje koje ima tri ponuđena odgovora od kojih je samo jedan točan. Pri odabiru točnog odgovora, odgovor se zazeleni, a pri odabiru pogrešnog odgovora taj odgovor se zacrveni dok se zelenom bojom označi točni odgovor. Nakon što korisnik odgovori na sva pitanja prikazati će se broj bodova s prigodnom sličicom. Pitanja su usko vezana uz informacije pružene u segmentu učenja. Igra izaziva korisnike da testiraju svoje znanje o ugroženim vrstama, njihovim staništima i naporima za očuvanje. Interaktivni kvizovi su i zabavni i edukativni, osiguravajući da korisnici ostanu angažirani tijekom učenja. Slika 17 prikazuje primjere pitanja na kvizu te izgled pogrešnog i točnog odgovora, dok slika 18 prikazuje ekran rezultata s dobrim i lošim rezultatom.



Slika 17 Ekran odabira težine kviza



Slika 16 Ekрани kviza, točan i pogrešan odgovor



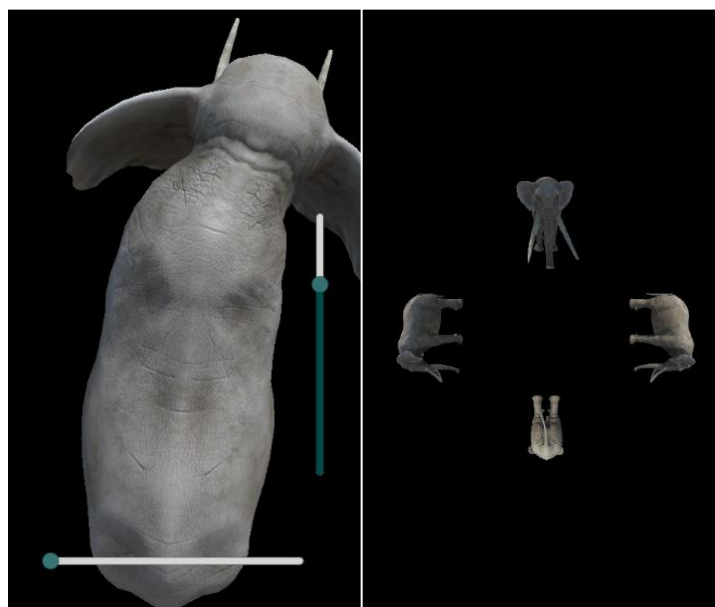
Slika 18 Ekрани dobrog i lošeg rezultata kviza

5.3.11 Prikaz holograma na tabletu

Na tabletu se potrebno prijaviti s istim korisničkim podacima kao i na mobilnom uređaju kako bi aplikacija znala što treba prikazati. Nakon uspješne prijave i nakon što je korisnik uspješno izradio ili kupio krnju piramidu potrebno ju je postaviti na sredinu tableta. Pritiskom na gumb „Pritisni na sliku da bi vidio/la 3D model“ unutar piramide na tabletu pokazati će se hologram životinje što se može vidjeti na slici 19. Hologram na piramidi nastaje pomoću ekrana prikazanog na slici 20 desno. Korisnici mogu rotirati i ispitivati ove modele na mobilnom uređaju pomoću klizača kao što je prikazano na lijevoj slici sa slike 20, stječući duboko razumijevanje njihovih jedinstvenih karakteristika i okruženja.



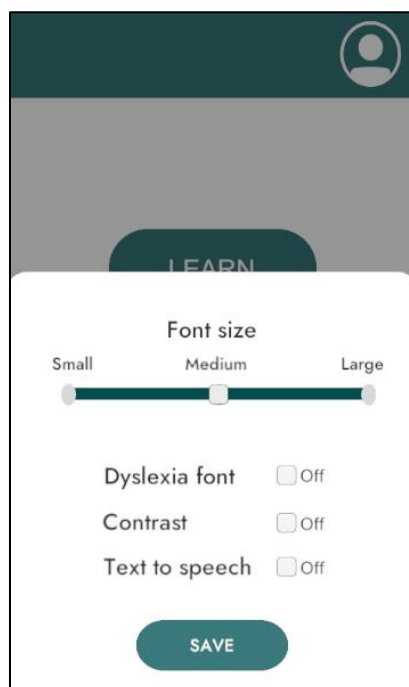
Slika 20 Prikaz holograma u piramidi



Slika 19 Ekran prikaza holograma na mobilnom uređaju i tabletu

5.3.12 Funkcionalnosti pristupačnosti

Postavke pristupačnosti nalaze se na glavnom ekranu, a označene su ikonom za pristupačnost. Razvoj vođen principima Univerzalnog dizajna ne znači samo dizajnirati aplikaciju tako da bude pristupačnog dizajna već treba omogućiti korisniku da dizajn prilagodi svojim potrebama što može napraviti uz pomoć funkcionalnosti pristupačnosti kojom može mijenjati kontrast, veličinu fonta, vrstu fonta u onu pogodnu za osobe sa disleksijom ili pretvarati tekst u govor. Dizajnirajući aplikaciju autori su vodili računa o kontrastu boja koji su provjereni alatom Zebra koji analizira stupanj kontrasta između dvije boje kako bi se povećala čitljivost. Ekрани sadrže minimalan broj elemenata koji imaju dovoljno velike dodirne površine za lakši pristup i veću vidljivost. Izbjegavanjem funkcionalnosti koji ne dodaju vrijednost aplikaciji održava se jasna struktura sadržaja. Veličina fonta aplikacije kreće od preporučenih 16pt prema načelima Dizajna za sve te se može povećati na 18pt i 19pt. Po pritisku na gumb korisnik dobije povratnu informaciju u obliku teksta i promjene boje gumba za uključivanje odnosno isključivanje funkcionalnosti.



Slika 21 Ekran funkcionalnosti pristupačnosti

5.4 Tehnologije

5.4.1 Raspodijeljeni sustavi

Raspodijeljeni ili distribuirani sustavi odnose se na skup međusobno povezanih računala ili uređaja koji rade zajedno kao jedinstveni sustav, komuniciraju i surađuju u obavljanju zadataka, unatoč tome što su fizički odvojeni i moguće geografski raspršeni. Način rada je decentraliziran, gdje se odluke donose na različitim čvorovima umjesto da se oslanjaju na jedno središnje tijelo. Raspodijeljeni sustavi čine različiti hardveri, softveri, operacijski sustavi, komunikacijske mreže i programi. Poruke, podaci ili zahtjevi razmjenjuju se putem različitih komunikacijskih protokola, kao što su HTTP, TCP/IP i RPC (Remote Procedure Call). Distribuirani sustavi mogu poboljšati performanse raspodjelom zadataka između više čvorova. Dizajnirani su da budu otporni na hardverske kvarove ili druge smetnje. Tehnike paralelne obrade i balansiranja opterećenja optimiziraju učinkovitost sustava. Ovi su sustavi dizajnirani za postizanje različitih ciljeva, uključujući poboljšane performanse, skalabilnost, toleranciju na pogreške i dijeljenje resursa. Raspodijeljeni sustavi omogućuju učinkovito dijeljenje resursa. Na primjer, više korisnika može pristupiti istoj bazi podataka ili dijeliti datoteke pohranjene na različitim poslužiteljima. Distribuirani sustavi mogu se skalirati dodavanjem više ili nadogradnjom postojećih kako bi se prilagodili rastućim radnim opterećenjima. Ova skalabilnost pomaže u rukovanju većim brojem korisnika ili podataka. Tehnike kao što su distribuirane baze podataka, replikacija i algoritmi konsenzusa (npr. Paxos, Raft) pomažu u održavanju koordinacije i dosljednosti [47] [48].

Distribuirani sustavi igraju ključnu ulogu u obradi i analizi velikih skupova podataka. Tehnologije kao što su Hadoop i Spark distribuiraju zadatke obrade podataka na više čvorova. Internet stvari (engl. *Internet of Things*, IoT) oslanja se na distribuirane sustave za povezivanje i upravljanje širokim nizom uređaja. Rubno računalstvo decentralizira obradu podataka približavajući računanje izvorima podataka. *Blockchain* tehnologija oslanja se na distribuirane zapise za održavanje decentralizirane evidencije transakcija na više čvorova otporne na neovlaštene promjene. Postoje razni modeli distribuiranog računalstva, kao što su klijent-poslužitelj, peer-to-peer (P2P) i arhitektura mikroservisa. Kako se tehnologija razvija, distribuirani sustavi nastavit će se razvijati s napretkom u rubnom računalstvu, arhitekturi bez poslužitelja, kontejnerizaciji (npr. Kubernetes) i istraživanju novih algoritama konsenzusa.

Sveukupno, distribuirani sustavi čine okosnicu mnogih modernih tehnologija, omogućujući učinkovito korištenje resursa, poboljšane performanse, otpornost na greške i realizaciju složenih i skalabilnih aplikacija [49].

Aplikacija HoloZoo jer primjer raspodijeljenog sustava. Baza podataka se nalazi na serveru kojem se pristupa putem mobilnih i tablet uređaja. To svojstvo daje podlogu za nadogradnju aplikacije HoloZoo dodavanjem novih entiteta kao što su na primjer biljke.

Alat *Photon Engine* popularan je *framework* za razvoj *multiplayer* igara i aplikacija podržavajući istovremeni višekorisničku interakciju putem interneta. Koristi *WebSocket* i druge tehnologije za omogućavanje brze komunikacije između igrača i servera. *Photon Unity Networking* (PUN) je *Unity* paket za igre za više igrača koje u sobe u kojima se objekti mogu sinkronizirati preko mreže. Tehnike za upravljanje udaljenih uređaja, prilagođena svojstva ili fotonski događaji "niske razine" samo su neke od značajki. Brza i pouzdana komunikacija odvija se putem namjenskih *Photon* poslužitelja, tako da se klijenti ne moraju spajati jedan na drugi [50]. Ovaj alat stvara virtualne sobe u koje putem aplikacije HoloZoo pristupe mobilni uređaj i tablet kako bi mogli razmjenjivati podatke o poziciji objekta i druge parametre i informacije.

5.4.2 Figma – dizajn sučelja

Dizajn sučelja je izrađen u Figmi, vektorskom alatu koji služi za dizajn i izradu prototipa koji se koristi za dizajn sučelja, dizajn korisničkog iskustva (UX), dizajn korisničkog sučelja (UI) i suradnju među dizajnerskim timovima. Naširoko ga koriste dizajneri, voditelji proizvoda i programeri za stvaranje i suradnju na digitalnom dizajnu i prototipovima za web i mobilne aplikacije. Pruža niz značajki koje olakšavaju proces dizajna i pojednostavljaju suradnju i širok raspon značajki za stvaranje i uređivanje vektorske grafike, izgleda i interaktivnih prototipa za koje sadrži bogatu biblioteku unaprijed dizajniranih elemenata te omogućuje korisnicima dijeljenje i prikupljanje povratnih informacija o svojim dizajnima izravno unutar platforme. Figma u potpunosti je temeljena na tehnologiji oblaka zbog čega više članova tima može raditi na istom dizajnu istovremeno, videći izmjene drugih u stvarnom vremenu. To eliminira potrebu za ručnim dijeljenjem datoteka i kontrolom verzija te taji poboljšava

suradnju i smanjuje komunikacijske praznine. Dizajneri i zainteresirane strane mogu ostavljati komentare izravno na elemente dizajna ili okvire, što olakšava davanje povratnih informacija i raspravu o dizajnerskim odlukama. Dizajneri mogu kreirati vektorske elemente korisničkog sučelja kao što su gumbi, ikone i izgledi pomoću Figma alata za crtanje. Dizajneri mogu pregledati svoje dizajne na različitim uređajima i veličinama zaslona u stvarnom vremenu, što im pomaže da osiguraju responzivni dizajn. Figma dizajnerima omogućuje stvaranje interaktivnih prototipova povezivanjem različitih okvira ili umjetničkih ploča. To pomaže u vizualizaciji korisničkog putovanja i interakcija unutar aplikacije. Figma omogućuje uređivanje vektora omogućujući dizajnerima stvaranje i uređivanje oblika, putanja i ilustracija izravno unutar platforme. Figma nudi prijelaze, slojeve i animacije za stvaranje realističnijih i interaktivnijih prototipova. Figma pojednostavljuje proces prijenosa između dizajnera i programera. Dizajneri mogu generirati specifikacije i sredstva, olakšavajući programerima točnu implementaciju dizajna. Dizajneri mogu instalirati dodatke za automatizaciju zadataka, generiranje isječaka koda i integraciju s drugim alatima. Figma web-bazirana priroda i značajke suradnje čine je popularnim izborom za udaljene timove, kao i za one koji trebaju raditi na različitim uređajima i lokacijama. Njegove mogućnosti obuhvaćaju cijeli proces dizajna, od početnih koncepata do prototipova visoke vjernosti, što ga čini svestranim alatom za dizajnere svih razina [51] [52] [53].

5.4.3 Unity – razvojno okruženje

Kao razvojno okruženje korišten je Unity koji je odabran jer omogućuje izradu aplikacija za različite platforme i stvaranje 2D i 3D igara, kao i iskustava virtualne i proširene stvarnosti. Pruža širok raspon alata i značajki za podršku cjelokupnom procesu razvoja igara za razne platforme uključujući osobna računala (Windows, Mac), konzole, mobilne uređaje (iOS, Android), web, VR/AR slušalice (Oculus Rift, HTC Vive i ARKit/ARCore) i više. Jedan projekt može se implementirati na različite platforme uz minimalne izmjene. Unity je snažna i široko korištena 3D razvojna platforma u stvarnom vremenu koja omogućuje stvaranje interaktivnih i impresivnih iskustava aplikacija virtualne stvarnosti (VR) i proširene stvarnosti (AR) i više. Osim igara, Unity se koristi u poljima kao što su arhitektonska vizualizacija, medicinske i ostale simulacije, obrazovanje, dizajn automobila, filmska produkcija itd [54] [55].

Unity pruža širok raspon značajki renderiranja, uključujući realistično osvjetljenje, sjenčanje, sustave čestica i efekte naknadne obrade. Unity engine omogućuje programerima stvaranje realističnih interakcija, simulacija i sudara temeljenih na fizici unutar virtualnog okruženja. Unity podržava skeletnu animaciju, stabla stabla i inverznu kinematiku, omogućujući stvaranje realističnih pokreta likova i animacija. Nudi i alate za integraciju zvučnih efekata, glazbe i prostornog zvuka u projekte. Unity dizajnerima omogućuje stvaranje detaljnih terena, krajolika i okoliša pomoću alata kao što su oblikovanje terena, postavljanje vegetacije i simulacija vode. Unity podržava multiplayer i online igranje nudeći mrežna rješenja za suradnju u stvarnom vremenu i interakciju između igrača. Unityjev proširivi uređivač omogućuje razvojnim programerima stvaranje prilagođenih alata, proširenja i radnih procesa prilagođenih njihovim specifičnim projektnim potrebama [54] [55].

Moguća je integracija Unityja s okvirima strojnog učenja kao što su TensorFlow i ML-Agents omogućuje razvoj likova i ponašanja vođenih umjetnom inteligencijom [56]. Unity nudi alate za vizualno skriptiranje kao što su Bolt i PlayMaker, omogućujući programerima s ograničenim iskustvom u kodiranju stvaranje logike i interakcije putem vizualnog sučelja. Unity prvenstveno koristi C# programski jezik za skriptiranje. Programeri mogu napisati prilagođeni kod za kontrolu ponašanja igre, interakcija i logike. *Unity-jev Asset Store* nudi tržište na kojem programeri mogu kupiti ili preuzeti besplatna sredstva, skripte, dodatke i alate za poboljšanje svojih projekata.

5.4.4 C# - programski jezik

C# je objekto-orijentirani programski jezik visoke razine kojeg je razvio Microsoft. Koristi se za razvoj različitih vrsti aplikacija uključujući web, desktop, mobilne aplikacije, igre i dr. Često se koristi u razvojnom okruženju Microsoft Visual Studio zbog pristupa velikom broju alata i resursa koje uvelike olakšavaju proces razvoja. Jezik dolazi s velikom bibliotekom klasa koje pojednostavljaju rad s datotekama, upravljanje grafičkim sučeljem, komunikaciju putem mreže i dr. Ovaj jezik ima mogućnost interakcije s drugim jezicima poput C++ i Python što omogućuje integraciju postojećeg koda i resursa. C# je moderan, svestran i objektno orijentiran programski jezik. Predstavljen je ranih 2000-ih kao dio Microsoft .NET okvira i

od tada je stekao popularnost zbog svog širokog spektra aplikacija. C# je programski jezik opće namjene, što znači da se može koristiti za razvoj širokog spektra aplikacija, od softvera za stolna računala i web aplikacija do mobilnih aplikacija i igara. C# je izgrađen na objektno orijentiranim načelima, što pomaže razvojnim programerima u stvaranju modularnog, održivog i proširivog koda. OOP promovira organizaciju koda oko objekata koji enkapsuliraju podatke i ponašanje. Uvođenjem .NET Core (sada poznatog kao .NET 5), C# je postao višeplatformski jezik. Programeri mogu koristiti C# za izradu aplikacija koje se izvode na različitim operativnim sustavima, uključujući Windows, macOS i Linux. C# se često koristi za web razvoj s tehnologijama poput ASP.NET Core. ASP.NET Core omogućuje stvaranje modernih web aplikacija, API-ja i mikroservisa visokih performansi. C# se može koristiti za razvoj Windows desktop aplikacija pomoću tehnologija kao što su Windows Presentation Foundation (WPF) i Windows Forms. Ovi okviri nude alate za stvaranje grafičkih korisničkih sučelja (GUI). Putem Xamarina, platforme za izgradnju višeplatformskih mobilnih aplikacija, programeri mogu koristiti C# za izradu aplikacija za Android i iOS koristeći zajedničku bazu kodova. C# se široko koristi za razvoj igara s Unity engine-om. Unityjev API za skriptiranje temelji se na C#, što ga čini popularnim izborom među programerima igara. C# se dobro integrira s Microsoftovim tehnologijama i alatima, kao što je Visual Studio IDE. Ova integracija pojednostavljuje razvojne tijekove rada i pruža bogat ekosustav knjižnica i okvira. C# je strogo tipiziran jezik, što znači da se varijable i njihovi tipovi moraju eksplicitno deklarirati. To dovodi do poboljšane pouzdanosti koda i smanjenih pogrešaka tijekom izvođenja. C# dolazi s opsežnom standardnom bibliotekom koja pruža širok raspon ugrađenih klasa i funkcija za uobičajene programerske zadatke, kao što su I/O datoteka, umrežavanje, manipulacija podacima i više. C# podržava značajke modernog jezika kao što su lambda izrazi, LINQ (jezični integrirani upit), asinkrono programiranje s `async/await` i više. Ove značajke poboljšavaju čitljivost i učinkovitost koda. Ima bogatu zajednicu programera, obilje resursa za učenje i podršku što je iznimno važno za programske jezike. Poznavanje C# otvara prilike za posao u raznim industrijama [57] [58].

5.4.5 MySQL – upravljanje bazama podataka

MySQL je popularan sustav za upravljanje relacijskim bazama otvorenog koda (engl.

Relational database management system, RDBMS) koji se koristi za web aplikacije i druge projekte koji intenzivno koriste podatke. Poznat je po svojoj pouzdanosti, performansama i jednostavnosti korištenja, a podržava širok raspon programskih jezika uključujući PHP. Pruža moćan i učinkovit način upravljanja, pohranjivanja i dohvaćanja strukturiranih podataka. MySQL je objavljen pod GNU General Public License (GPL), što znači da je slobodan za korištenje, modificiranje i distribuciju. Naširoko se koristi za razne aplikacije, od jednostavnih web stranica do složenih sustava na razini poduzeća. Postoje i komercijalne verzije i opcije podrške koje pruža Oracle Corporation, tvrtka koja stoji iza MySQL-a. MySQL nudi kombinaciju performansi, pouzdanosti i skalabilnosti, što ga čini jednim od najpopularnijih sustava baza podataka na svijetu. MySQL slijedi model relacijske baze podataka, gdje su podaci organizirani u tablice s redovima (zapisima) i stupcima (poljima). Odnosi između tablica uspostavljaju se pomoću ključeva. MySQL provodi integritet podataka kroz ograničenja kao što su primarni ključevi, strani ključevi i jedinstvena ograničenja, osiguravajući točnu i dosljednu pohranu podataka. MySQL koristi SQL (*Structured Query Language*), standardizirani jezik, za definiranje, postavljanje upita i manipuliranje podacima. SQL naredbe omogućuju korisnicima izvođenje operacija kao što su SELECT, INSERT, UPDATE i DELETE. Pridržava se svojstava ACID-a (Atomicity, Consistency, Isolation, Durability) za održavanje integriteta podataka. MySQL podržava replikaciju, dopuštajući dupliranje podataka na više poslužitelja za balansiranje opterećenja, sigurno kopiranje i visoku dostupnost. MySQL nudi različite mehanizme za pohranu podataka s različitim razinama skalabilnosti. InnoDB mehanizam za pohranu, na primjer, podržava značajke kao što su kontrola istovremenosti više verzija (MVCC) i zaključavanje na razini retka. MySQL podržava okidače i pohranjene procedure, koje su unaprijed definirani blokovi SQL koda koji se mogu automatski izvršiti kada se dogode određeni događaji. MySQL pruža mehanizme provjere autentičnosti i autorizacije kako bi se osigurala sigurnost podataka. Korisnicima i ulogama mogu se dodijeliti određena dopuštenja za pristup i izmjenu podataka. MySQL je dostupan za različite operativne sustave. My SQL se koristi u širokom rasponu aplikacija, od malih web stranica i sustava za upravljanje sadržajem do velikih poslovnih rješenja i skladišta podataka. Njegova svestranost, izvedba i robustan skup značajki čine ga preferiranim izborom za upravljanje strukturiranim podacima u različitim kontekstima [59] [60].

5.4.6 PHP – programski jezik za pristup podacima iz baze podataka

PHP je popularan serverski skriptni jezik dizajniran za razvoj aplikacija i dinamičkih web stranica. PHP je otvorenog koda, što znači da je besplatan za upotrebu i da se može prilagođavati svojim potrebama. PHP programi izvršavaju se na serveru prije nego se HTML pošalje korisniku. PHP može biti direktno umetnut u HTML dokumente. Ovo omogućava dinamički sadržaj na web stranicama na temelju korisnikovih interakcija ili konteksta što je i glavna svrha ovog skriptnog jezika. Koristi se i za obradu podataka unesenih putem web obrazaca. To može uključivati validaciju unosa, spremanje podataka u bazu podataka i slanje poruka e-pošte. PHP omogućava povezivanje s raznim vrstama baza podataka kao što su MySQL, PostgreSQL, Slite i dr. Nakon povezivanja može pohranjivati, uređivati i dohvaćati podatke na web stranicama. PHP ima veliku i aktivnu zajednicu programera koji dijele znanja, izrađuju alate i rješavaju probleme. Postoji obilje resursa za učenje, kao što su dokumentacija, uputstva i forumi. Jedan je od najpopularnijih jezika za razvoj jednostavnih i kompleksnih web aplikacija [61].

6 ZAKLJUČAK

Osobe s invaliditetom mogu se susresti s višestrukim izazovima u području djelovanja i sudjelovanja u različitim sferama života, uključujući obrazovanje, zapošljavanje, socijalne aktivnosti, sportske događaje i pristup zdravstvenim uslugama. Jedno važno sredstvo pomoću kojeg ti pojedinci mogu obavljati aktivnosti i funkcionirati neovisnije je potpora pomoćnih tehnologija koja im omogućuje da se zaposle i obrazuju. Postizanje ovih ciljeva može se pojedinačno mjeriti. Važno je naglasiti da su pomoćne tehnologije samo jedan od načina kako olakšati život osobama sa raznim fizičkim i mentalnim poteškoćama. Ovo istraživanje pridonosi rastućem području obrazovne tehnologije demonstrirajući izvedivost i prednosti integriranja Univerzalnog dizajna i razmatranja pristupačnosti u holografske obrazovne igre. Naglašava se važnost stvaranja inkluzivnih iskustava učenja koja zadovoljavaju različite potrebe učenika, promičući tako jednak pristup obrazovanju u digitalnom dobu. Holografska tehnologijama postoji već mnogo godina, ali tek nedavno je počela primjena u obrazovanju. Primjena ove tehnologije dokazano omogućuje učenicima brže i bolje razumijevanje pojmova. Hologrami u učionici djeluju poticajno i privlače pažnju učenicima. Pokazalo se da te tehnologije pozitivno utječu na obrazovna iskustva učenika s invaliditetom, povećava samopouzdanje, angažman i interes, pružajući prilike za samostalno učenje, te povećanje zadovoljstva i motivacije učenika. Zahvaljujući razvoju ovih tehnologija sada možemo učiti i istraživati u virtualnom svijetu bez mogućnosti da naše akcije i odluke utječu na stvarni svijet. Diplomski rad nudi preporuke za dizajnere i programere o tome kako iskoristiti potencijal holografske tehnologije, a pritom osigurati da ona ostane dostupna svima.

7 LITERATURA

- [1] J. Holmwood, »FUNCTIONALISM AND ITS CRITICS,« u *HISTORICAL DEVELOPMENTS AND THEORETICAL APPROACHES IN SOCIOLOGY – Vol. II*, EOLSS Publications, 2010, p. 458.
- [2] E. -. D. z. S. Europa, »DFA Europe,« 9 6 2004. [Mrežno]. Available: <https://dfaeurope.eu>. [Pokušaj pristupa 12 7 2023].
- [3] L. Kalbag, *ACCESSIBILITY*, New York: A Book Apart, 2017.
- [4] T. J. Lulić, »Hrvatska tehnička enciklopedija,« 13 11 2015. [Mrežno]. Available: <https://tehnika.lzmk.hr/ergonomija/>. [Pokušaj pristupa 14 7 2023].
- [5] L. z. M. Krleža, »Hrvatska enciklopedija,« 2021. [Mrežno]. [Pokušaj pristupa 14 7 2023].
- [6] M. S. Y. Neville A. Stanton, *Guide to Methodology in Ergonomics*, London: CRC Press, 2000.
- [7] F. Tosi, *Design for Ergonomics*, Firenze: Springer International Publishing AG, 2019.
- [8] M. J. Scherer i R. Glueckauf, *Rehabilitation Psychology*, 2005.
- [9] H. W. Hendrick, »The technology of ergonomics,« *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, pp. 22-33, 26 11 2010.
- [10] G. Fisher, *Beyond Human-Computer interaction*, 1993.
- [11] H. Persson, H. A. hman, A. A. Yngling i J. Gulliksen, *Universal, inclusive, accessible design, design for all - different concepts—one goal?*, Berlin: Springer-Verlag, 2014.
- [12] SeeWriteHear, »SeeWriteHear,« [Mrežno]. Available: <https://www.seewritehear.com/learn/what-is-accessibility/>. [Pokušaj pristupa 15 7 2023].
- [13] R. M. Gilbert, *Inclusive Design for a Digital World: Designing with Accessibility in Mind*, 2019.
- [14] C. Stephanidis, *User interfaces for all: concepts, methods, and tools*, 2000.
- [15] C. Stephanidis, *User Interfaces for All: New perspectives into Human-Computer Interactio*, 2001.
- [16] H. a. i. i. m. -. CARNET, *Smjernice*, Zagreb, 2020.
- [17] I. Mitrović, »Dizajn.hr,« 4 2 2007. [Mrežno]. Available: <https://dizajn.hr/blog/dizajn-interakcija/>. [Pokušaj pristupa 20 7 2023].
- [18] lasta.vica, »lastavica,« 8 10 2020. [Mrežno]. Available: <https://laastavica.wordpress.com/2020/10/18/2-sto-je-dizajn-interakcija-2/>. [Pokušaj pristupa 20 7 2023].
- [19] S. Kurniawan, *Book review: Interaction design: Beyond human–computer interaction*, Springer-Verlag, 2004.
- [20] E. Goodman, E. Stolterman i R. Wakkary, »Understanding interaction design practices,« u *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, Vancouver, 2011.
- [21] W3C, »w3.org,« 6 6 2023. [Mrežno]. Available: <https://www.w3.org/TR/wai-aria-1.2/>. [Pokušaj pristupa 2 9 2023].
- [22] A. Perić, *Asistivna tehnologija u kliničkoj praksi edukacijskog*, Zagreb, 2022.
- [23] M. Scherer, *Living in the state of stuck: How technology impacts*, Cambridge, 2005.
- [24] M. J. Scherer i G. Craddock, *Matching Person and Technology*, 2002.
- [25] L. A. Bruner-Canhoto, *Environmental strategies among people growing older with multiple sclerosis*, 2004.
- [26] R. O. Smith, M. J. Scherer, R. Cooper, D. Bell, D. A. Hobbs i C. Petterson, »Assistive technology products: a position paper from the first global research, innovation, and education on assistive technology (GREAT) summit,« *Taylor and Francis*, pp. 473-485, 20 3 2018.

- [27] A. S.-L.-H. Association, »AAC,« 1991.
- [28] Z. G. P. K. A. T. V. M. C. S. Lanyi, »Virtual Reality in special needs early education,« *International Journal of Virtual Reality*, pp. 1-10, 2006..
- [29] Tobii dynavox, »Tobii dynavox,« [Mrežno]. Available: <https://www.tobiidynavox.com/pages/communicator-5-ap>. [Pokušaj pristupa 4 9 2023].
- [30] D. Gabor, »Holograpgy, 1948-1971,« *Science*, 28 7 1972.
- [31] S. F. Johnston, »Reconstructing the history of holography,« *Practical Holography XVII*, pp. 455-464, 2003.
- [32] P. Kirkpatrick, »History Of Holography,« *Holohraphy I*, 1968.
- [33] M. Fratz, T. Seyler, A. Bertz i D. Carl, »Digital holography in production: an overview,« *Light - Advanced Manufacturing*, 2021.
- [34] A. Haleem, M. Javaid i I. H. Khan, »Holography applications toward medical field: An overview,« *Indian journal of radiology and imaging*, pp. 354-361, 2020.
- [35] H. Yoo, J. Jang, H. Oh i I. Park, »The potentials and trends of holography in education: A scoping review,« *Computers and education*, 9 2022.
- [36] D. Mitterberger, E. M. Angelaki, F. Salveridou, R. Rust, L. Vasey, F. Gramazio i M. Kohler, »Extended Reality Collaboration: Virtual and Mixed Reality System for Collaborative Design and Holographic-Assisted On-site Fabrication,« u *Design Modelling Symposium Berlin* , Berlin, 2022.
- [37] F. Yaras, H. Kang i L. Onural, »State of the Art in Holographic Displays: A Survey,« *JOURNAL OF DISPLAY TECHNOLOGY*, pp. 443-454, 10 2010.
- [38] A. Asgary, »Holodisaster: Leveraging Microsoft Hololens,« *IAEM Bulletin*, pp. 20-21, 2017.
- [39] Burnt City, »Burnt City, key to lost civilization. Press TV,« 2007. [Mrežno]. Available: <http://edition.presstv.ir/detail/5668.html>..
- [40] F. Laamarti, M. Eid i A. E. Saddik, »An Overview of Serious Games,« *International Journal of Computer Games Technology*, 15 10 2014.
- [41] T. Susi, M. Johannesson i M. Johannesson, *Serious Games – An Overview*, Skövde: University of Skövde, Sweden, 2007.
- [42] F. Bellotti, B. Kapralos, K. Lee, P. Moreno-Ger i R. Berta, »Assessment in and of Serious Games: An Overview,« *Advances in Human-Computer Interaction*, 2013.
- [43] Grendel Games, »Grendel Games,« [Mrežno]. Available: <https://grendelgames.com/what-are-serious-games/>. [Pokušaj pristupa 7 9 2023].
- [44] Y. Zhonggen, »A Meta-Analysis of Use of Serious Games in Education over a Decade,« *International Journal of Computer Games Technology*, 3 2 2019.
- [45] R. M. Tome, J. M. Pereira i M. Oliveira, »Using Serious Games for Cognitive Disabilities,« u *International Conference on Serious Games Development and Applications*, Berlin, 2014.
- [46] F. Zagreb, »Play to Green: Serious Gaming for Universal Access to Green Education,« [Mrežno]. Available: <https://sociallab.fer.hr/play2green/>. [Pokušaj pristupa 23 8 2023].
- [47] GeeksforGeeks, »GeeksforGeeks,« [Mrežno]. Available: <https://www.geeksforgeeks.org/distributed-systems-tutorial/?ref=lbp>. [Pokušaj pristupa 3 9 2023].
- [48] M. v. Steen i A. S. Tanenbaum, »A brief introduction to distributed systems,« *Computing*, pp. 967-1009, 16 8 2016.
- [49] K. P. Birman, *Reliable Distributed Systems: Technologies, Web Services, and Applications*, New York: Springer Science+Business Media, Inc., 2005.
- [50] Exit games, »Photon engine,« [Mrežno]. Available: <https://doc.photonengine.com/pun/current/getting-started/pun-intro>. [Pokušaj pristupa 4 9 2023].

- [51] UX Academy, »UX Academy,« [Mrežno]. Available: <https://myuxacademy.com/what-is-figma/>. [Pokušaj pristupa 11 9 2023].
- [52] Figma, »Figma,« [Mrežno]. Available: <https://help.figma.com/hc/en-us/articles/14563969806359-What-is-Figma->. [Pokušaj pristupa 4 9 2023].
- [53] B. Kopf, »Design,« [Mrežno]. Available: <https://www.toptal.com/designers/ui/figma-design-tool>. [Pokušaj pristupa 6 9 2023].
- [54] Microsoft, »Unity : Developing Your First Game with Unity and C#,« *MSDN Magazine*, 8 2014.
- [55] Zenva, »Zenva,« 17 8 2023. [Mrežno]. Available: <https://gamedevacademy.org/what-is-unity/>. [Pokušaj pristupa 12 9 2023].
- [56] A. Panoli, »How to use Pre-trained TensorFlow/Keras models with Unity ML-agents,« *Medium*, 8 1 2019.
- [57] Microsoft, »Microsoft,« [Mrežno]. Available: <https://learn.microsoft.com/en-us/dotnet/csharp/tour-of-csharp/>. [Pokušaj pristupa 12 9 2023].
- [58] A. Hejlsberg i P. S. Wiltamuth, *The C# Programming Language*, Addison-Wesley Professional, 2006.
- [59] Oracle, »MySQL,« [Mrežno]. Available: <https://dev.mysql.com/doc/refman/8.0/en/>. [Pokušaj pristupa 12 9 2023].
- [60] Oracle, »Oracle,« [Mrežno]. Available: <https://www.oracle.com/mysql/what-is-mysql/>. [Pokušaj pristupa 12 9 2023].
- [61] The PHP Group, »PHP,« [Mrežno]. Available: <https://www.php.net/manual/en/intro-whatcando.php>. [Pokušaj pristupa 12 9 2023].
- [62] RJ Cooper and Associates Inc, »RJ Cooper and Associates Inc,« [Mrežno]. Available: <https://store.rjcooper.com/products/mouse-button-box>. [Pokušaj pristupa 4 9 2023].

8 PRILOZI

8.1 Popis slika

Slika 1 Korisničko sučelje Tobii communicator 5	18
Slika 2 Tipkovnica Tobii Communicator 5	18
Slika 3 Računalni miš za osobe s motoričkim poteškoćama - <i>Mouse-button box</i> [62].....	19
Slika 4 Logotip aplikacije HoloZoo	32
Slika 5 Ikona aplikacije HoloZoo na GooglePlay-u.....	32
Slika 6 Paleta korištenih boja	33
Slika 7 Početni ekran	33
Slika 8 Ekran odabira uređaja	34
Slika 9 Ekрани prijave i registracije	35
Slika 10 Upute za izradu piramide	35
Slika 11 Glavni ekran	36
Slika 12 Korisnički profil	37
Slika 14 Ekрани prikaza informacija o životinjama	38
Slika 13 Ekran odabira načina učenja	38
Slika 15 Ekрани interaktivnog modela planete Zemlje	39
Slika 17 Ekрани kviza, točan i pogrešan odgovor	40
Slika 16 Ekran odabira težine kviza	40
Slika 18 Ekрани dobrog i lošeg rezultata kviza.....	41
Slika 20 Ekрани prikaza holograma na mobilnom uređaju i tabletu	42
Slika 19 Prikaz holograma u piramidi	42
Slika 21 Ekran funkcionalnosti pristupačnosti.....	43

IZJAVA

Izjavljujem pod punom moralnom odgovornošću da sam diplomski rad izradio samostalno, isključivo znanjem stečenim na Odjelu za elektrotehniku i računarstvo, služeći se navedenim izvorima podataka i uz stručno vodstvo mentora izv. prof. dr. sc. Krunoslava Žubrinića i komentorice Ane Kešelj, mag. ing. comp. kojima se još jednom srdačno zahvaljujem.

Ivan Sentić