

UNIVERZA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA DRUŽBENE VEDE

Dominik Bašelj

**Nadgrajena resničnost:
nov način interakcije s svetom**

Diplomsko delo

Ljubljana, 2013

UNIVERZA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA DRUŽBENE VEDE

Dominik Bašelj

Mentor: izr. prof. dr. Jaroslav Berce

**Nadgrajena resničnost:
nov način interakcije s svetom**

Diplomsko delo

Ljubljana, 2013

»Vsake dovolj napredne tehnologije ni mogoče ločiti od magije.«

Arthur C. Clarke: *Profiles of the Future* (1962)

Nadgrajena resničnost: nov način interakcije s svetom

Nadgrajena resničnost je koncept združevanja resničnega sveta s tridimenzionalnimi virtualnimi elementi v realnem času. Združevanje je mogoče z uporabo različnih tehnologij, kot so računalnik, zaslon, kamera, programska oprema, senzorji in drugo. Omogoča nam nadgrajeno interakcijo s svetom, ki nas obkroža. Izhaja iz virtualne resničnosti, vendar med njima obstaja pomembna razlika. Pri virtualni resničnosti se uporabnik namreč potopi v popolnoma virtualen svet, medtem ko se pri nadgrajeni resničnosti giblje po resničnem svetu, kjer ima čez svoje vidno polje nalepljen virtualen sloj z elementi, ki opravljajo različne naloge, npr. uporabniku izpisujejo informacije o krajevnih znamenitostih. Skratka, nadgrajena resničnost pripelje virtualno resničnost v resnični svet. V diplomskem delu na podlagi treh zastavljenih raziskovalnih vprašanj definiramo nadgrajeno resničnost in predstavimo njen zgodovinski in tehnološki kontekst, nato pa obravnavamo različna pomembnejša področja, znotraj katerih je mogoče aplicirati nadgrajeno resničnost. Gre za področja, kot so medicina, izobraževanje, razvedrilo, oglaševanje, vojska in turizem.

Ključne besede: Nadgrajena resničnost, virtualnost, resničnost, interakcija s svetom.

Augmented reality: a new way of interaction with the world

Augmented reality is a concept of combining the real world with virtual three-dimensional elements in real time. Combining is possible by using various technologies, such as computers, monitors, cameras, software, sensors, etc. It enables an augmented interaction with the world around us. Augmented reality originates from virtual reality but an important distinction exists between one and the other. In virtual reality the user is fully immersed into the virtual world, while augmented reality enables the user to move around in the real world with a virtual layer across his field of sight that shows him virtual elements that perform different tasks, like showing information about local tourist sites. In short, augmented reality brings virtual reality in the real world. In this diploma we define augmented reality and present its historical and technological context, and then we continue with the study of various important areas within which application of augmented reality is possible. These are areas such as medicine, education, entertainment, advertising, military, and tourism.

Keywords: Augmented reality and virtually, reality, interaction with the world.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	6
2	KAJ JE NADGRAJENA RESNIČNOST?	8
2.1	Definicija nadgrajene resničnosti	8
2.2	Zgodovinski kontekst	10
2.3	Tipi nadgrajene resničnosti	14
2.4	Tehnologija prikazovanja nadgrajene resničnosti	15
3	PODROČJA UPORABE NADGRAJENE RESNIČNOSTI	17
3.1	Medicina.....	17
3.2	Izobraževanje	19
3.4	Razvedrilo	21
3.1	Vojska	23
3.2	Turizem	24
4	SKLEP IN ZAKLJUČEK	26
5	LITERATURA	29

KAZALO SLIK

Slika 2.1:	Matrica – primer virtualne resničnosti	8
Slika 2.2:	Primer interaktivnih virtualnih elementov prikazanih v fizičnem svetu	9
Slika 2.3:	Milgramov kontinuum resničnosti in virtualnosti	10
Slika 2.4:	Prikaz Damoklejevega meča	11
Slika 2.5:	Sensorama	12
Slika 2.6:	Primer slikovne nadgrajene resničnosti	14
Slika 2.7:	Primer lokacijske nadgrajene resničnosti	15
Slika 2.8:	Vrsta prikazovalnikov nadgrajene resničnosti	16
Slika 3.1:	3D-podoba fetusa znotraj maternice	19
Slika 3.2:	Primer nadgrajenega učbenika	20
Slika 3.3:	Primer časopisnega oglasa.....	21
Slika 3.4:	Oprema (levo) in primer igralne izkušnje (desno)	22
Slika 3.5:	Ingress na pametnem telefonu	23
Slika 3.6:	BARS.....	24
Slika 3.7:	Wikitude.....	25
Slika 3.8:	Layar.....	26

1 UVOD

Za trenutek si predstavljajte, da bivate v svetu, kjer se vam zgolj s pogledom na naključno stavbo pred očmi izpišejo prav vse informacije o njej. V tistem trenutku vam postane popolnoma jasno, da stojite pred hotelom, kjer ste nedolgo nazaj rezervirali sobo. Ob tem se gotovo sprašujete, kako je to sploh mogoče. Zahvala gre očalom s posebnimi stekelci, ki jih imate na nosu. Na njih se izpisujejo informacije naravnost z medmrežja. Ne glede na to, kje ste, so očala vse, kar potrebujete za orientacijo po neznanem kraju.

Prizor z očali, ki vam izrisujejo informacije o naključnih stavbah, se sliši kot naravnost iz znanstvene fantastike. Ampak trditev ni tako daleč od resnice. Tehnologije, kjer se nam čez fizičen svet izrisujejo virtualne podobe, sicer obstajajo, ampak so še daleč od tega, da bi jih lahko jemali kot del praktičnega vsakdanjega življenja.

Tovrstno spajanje virtualnega in fizičnega je koncept, ki se imenuje *nadgrajena* ali *obogatena resničnost* (angl. *augmented reality*). Gre za relativno nov pojem, ki splošni javnosti ne pomeni veliko, saj se še ni usidral v vsakdanji jezik. To pa ne pomeni, da je nadgrajena resničnost ljudem popolnoma nepoznan koncept. Najdemo jo predvsem v znanstvenofantastični sferi, kjer je prisotna v filmih, kot so *Terminator* (1984), *Oni živijo* (1988), *Posebno poročilo* (2002), *Iron Man* (2008) in drugi (Miles 2011).

Znanstvena fantastika namreč omogoča ljudem, da doživljajo razburljiv svet z neverjetno tehnologijo, ki je v fizičnem svetu nedosegljiva, hkrati pa vpliva na njihovo radovednost in jih žene k temu, da bi neverjetne tehnološke čudeže prenesli v dolgočasno realnost.

In če se je nadgrajena resničnost še včeraj zdela kot naravnost iz znanstvene fantastike, danes postaja realnost, saj so zaradi napredka na področju mobilnih procesorjev in vseprisotnosti širokopasovne brezžične povezave ter množičnega sprejetja pametnih telefonov izpolnjeni predpogoji za njeno tehnološko implementacijo v vsakdanjem življenju. Do tega dne že obstajajo aplikacije, namenjene potrošnikom, ki izkoriščajo telefonsko kamero, žiroskop, GPS, mikrofonske ter druge senzorje in elemente znotraj sodobnih telefonov (npr. aplikacija *Sky map* za opazovanje ozvezdja v realnem času). Na razvoj je vplival predvsem prihod mobilnih naprav podjetja Apple in naprav, ki podpirajo operacijski sistem Android (Marimon in drugi 2010). Področja, kamor lahko integriramo tehnologijo, ki bi

nadgradila resničnost, so številna. Do zdaj se je uporabljala na področjih robotske navigacije, mobilnih naprav, računalniško vodenih operacij, izobraževanja, zabave, iger, oglaševanja, turizma, vojske in drugih področjih ter v preostalih sferah vsakdanjega in profesionalnega življenja (Yu in drugi 2000).

Raziskovanje nadgrajene resničnosti bo v pričujočem diplomskem delu temeljilo na treh ključnih raziskovalnih vprašanjih:

- Kaj je nadgrajena resničnost?
- Kako se je področje (tehnologija) nadgrajene resničnosti razvijalo skozi čas?
- Na katerih pomembnejših področjih se nadgrajena resničnost že uporablja?

Cilj diplomskega dela je predstaviti koncept nadgrajene resničnosti kot (nove) oblike interakcije s svetom okoli nas. V nalogi bomo definirali nadgrajeno resničnost, nato bomo skozi zgodovinski in tehnološki kontekst predstavili njen razvoj; torej pomembne tehnologije, ki so igrale glavno vlogo v njenem razvoju, v zadnjem delu pa bomo skušali ugotoviti, na katerih področjih se nadgrajena resničnost že uporablja. Nadgrajena resničnost, kljub svojim začetkom v 60-ih, šele zadnjih nekaj letih pridobiva na pozornosti. Ravno zaradi statusa prihajajoče tehnologije, smo si zadali cilj, da jo predstavimo skozi tri ključne teme. Naš namen je prispevati k boljšemu razumevanju nadgrajene resničnosti in njenih značilnosti. Raziskovanje bo temeljilo na analizi sekundarnih virov, torej tuje in domače literature, ki smo jo pridobili v različnih javno dostopnih podatkovnih bazah.

2 KAJ JE NADGRAJENA RESNIČNOST?

2.1 Definicija nadgrajene resničnosti

Preden se lahko zares posvetimo nadgrajeni resničnosti, je bistveno, da razumemo, za kaj pravzaprav gre. Nadgrajena resničnost izhaja iz virtualne resničnosti, pri čemer je za virtualno značilno, da uporabnike potopi v popolnoma sintetično okolje, ki je v celoti generirano s pomočjo računalnika. Znotraj umetnega okolja se lahko aktivno gibljemo, ga občudujemo, čutimo, vidimo in slišimo z našimi pravimi čuti. Gre za interakcijo z okoljem, ki ni fizično, ampak simulacija (Kerchove 1999, 234). In dokler smo potopljeni v virtualni svet, nam je znotraj njega onemogočena (vizualna) interakcija s svetom, kjer je naše fizično telo. Primer virtualne resničnosti je mogoče videti v filmu *Matrica* (1999) (glej sliko 2.1). Seveda je tehnologija, ki stoji za njo, veliko bolj sofisticirana kot sodobna tehnologija, zato služi zgolj za zgled pri razumevanju virtualne resničnosti.

Slika 2.1: Matrica – primer virtualne resničnosti

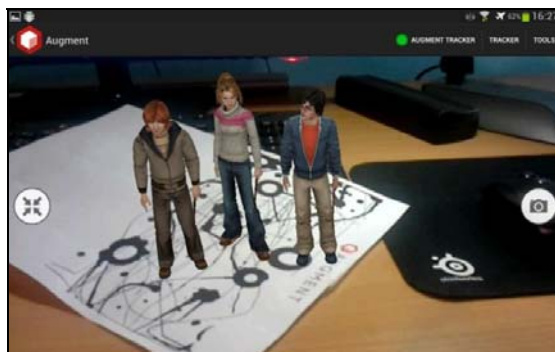


Vir: Tistory (2009).

Pri nadgrajeni resničnosti je zgodba drugačna, saj je princip delovanja na neki način kontrasten virtualni resničnosti. Ta namreč ne predstavlja nadomestka za fizični svet, ampak njegovo nadgradnjo ali, bolje, dopolnitev. Bistvo nadgrajene resničnosti je fizični svet, čez katerega je nalepljen virtualni sloj z elementi, ki jih v resnici ni tam. Skratka, gre za nadgrajevanje resničnosti. Na sliki 2.2 je primer tovrstne nadgraditve okolja. Z vstavljanjem virtualnih elementov v vmesni sloj dobimo občutek, da fizično in virtualno soobstajata v istem času in prostoru. Nadgrajena resničnost predstavlja vmesno polje med popolnoma sintetičnim in popolnoma resničnim svetom. V teoriji lahko nadgradi vse čute, torej čute, ki

zaznavajo zvok, vonj, dotik, in druge, ki so še značilni za človeško bitje. Lahko nadgradi tudi tiste čute, ki jih je določen posameznik izgubil ali se rodil brez njih. Sem med drugim spadajo gluhi in slepi (Azuma 1997,355).

Slika 2.2: Primer interaktivnih virtualnih elementov prikazanih v fizičnem svetu



Glavni cilj nadgrajene resničnosti je združiti virtualno in resnično v tolikšni meri, da ne bi bilo mogoče zaznati razlike med enim ali drugim, pri čemer bi dobili občutek, da gre za eno samo okolje. Tega ni enostavno doseči zaradi številnih potencialnih motenj in abnormalnosti, ki se lahko pojavijo (Sairio 2001).

Obstajajo številne definicije, ki se do določene mere tudi medsebojno izključujejo. Eno izmed pomembnejših je postavil Ronald Azuma, pomemben raziskovalec s področja nadgrajene resničnosti. Azuma jo je definiral kot sistem, za katerega veljajo tri ključne značilnosti, ki niso tehnološko specifične. Po njegovem mora nadgrajena resničnosti združevati *resnično* in *virtualno*, mora biti interaktivna v realnem času in registrirana v tridimenzionalnem okolju (Azuma 1997).

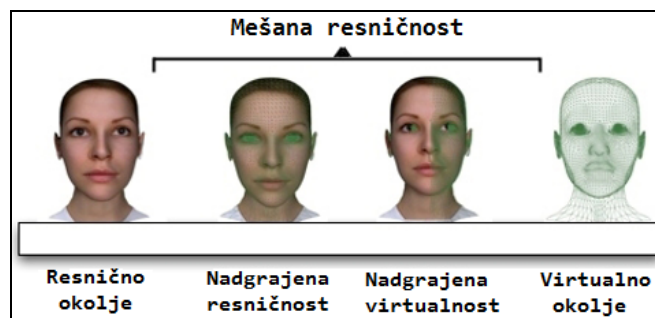
Eden izmed glavnih problemov nadgrajene resničnosti je, da včasih ni popolnoma jasno, katera spajanja resničnega in virtualnega spadajo v koncept. Fotografija, ki ji je nekdo dodal virtualen sloj s pomočjo programa za obdelavo fotografij (npr. photoshop), *ni* del nadgrajene resničnosti, ker fotografija predstavlja dvodimenzionalno okolje. Drugi primer so filmi, ki uporabljajo računalniško generirane podobe (angl. CGI)¹. Te dajejo občutek popolne združitve z resničnim okoljem, kar po eni strani ustreza definiciji nadgrajene resničnosti,

¹ Gre za računalniško ustvarjene tridimenzionalne podobe, ki se jih uporablja kot posebne efekte v filmih in drugih vizualnih medijih (igre, reklame itd.). Primer tovrstnih podob so vesoljske ladje v Vojni zvezd, orjaški roboti v filmu Transformerji, dinosavri v Jurskem parku in drugi.

vendar se zalomi pri interaktivnosti. Razni zmaji so lahko eno z okoljem, vendar pa niso interaktivni, ampak je njihovo obnašanje vnaprej sprogramirano. Druga zgodba je prenos tekme v živo, kajti informacije na zaslonu se spreminjajo glede na dogajanje na tekmi in iz tega razloga so interaktivne. Predvajan posnetek tekme pa izgubi ta status, iz istih razlogov kot pri filmu (Kipper in Rampolla 2013).

Poleg Azume sta pomembno definicijo postavila tudi Paul Milgram in Fumioi Kishino. Njuna definicija se ne posveča toliko vprašanju »*kaj je nadgrajena resničnost?*«, ampak bolj »*kje je nadgrajena resničnost?*«. Milgram in Kishino nadgrajeno resničnost razumeta kot del *kontinuum resničnosti in virtualnosti* (glej sliko 2.3). Gre za kontinuum, ki se razteza med resničnim in virtualnim okoljem. Znotraj slednjega je območje *mešane resničnosti*, ki ga sestavljata *nadgrajena resničnost* in *nadgrajena virtualnost*. Prva je znotraj kontinuum postavljena bližje resničnemu svetu, ker večina njenih gradnikov sestavlja tudi resnični svet. Medtem je nadgrajena virtualnost postavljena bližje virtualnemu okolju, ker večina njenih gradnikov sestavlja virtualni svet. Torej, če je za nadgrajeno resničnost značilno, da jo nadgrajujejo virtualni elementi, nadgrajeno virtualnost nadgrajujejo resnični elementi. Za Milgrama sta obe obliki nadgrajenosti različni stopnji širšega koncepta mešane resničnosti, vendar se v drugih literaturah pogosto uporablja zgolj izraz nadgrajena resničnost, ki obsega oboje (Milgram in Kishino 1994).

Slika 2.3: Milgramov kontinuum resničnosti in virtualnosti



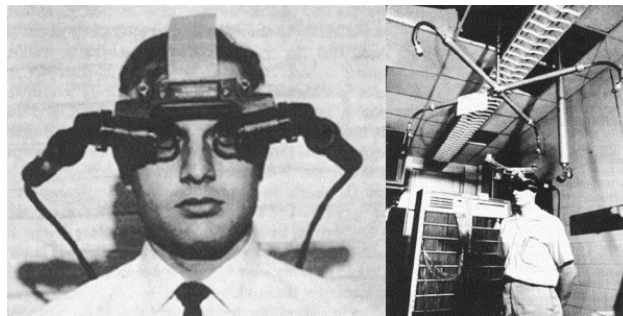
Vir: Halic in drugi (2010).

2.2 Zgodovinski kontekst

Nadgrajena resničnost se je na radarju novih tehnologij pojavila šele pred kratkim in se zdaj počasi pomika v ospredje vsakdanjega življenja. Vendar se moramo vrniti malo dlje v preteklost, če želimo spoznati njene začetke. Najbolj smiselno je, če skočimo nazaj v leto

1968, ko je Ivan Sutherland predstavil (izumil 1966) svoj projekt, ki ga je poimenoval *Damoklejev meč* (glej sliko 2.4). Domnevno gre za prvi naglavni prikazovalnik virtualne in nadgrajene resničnosti (McLellan 2001).

Slika 2.4: Prikaz Damoklejevega meča



Vir: Augmented Reality Wiki.

Njegov uporabnik je lahko videl računalniško generirane informacije, ki so bile spete s fizičnimi objekti, npr. znaki na stenah laboratorija (Höllerer in Feiner 2004). Kljub številnim možnostim, ki bi jih prinesel njen nadaljnji razvoj, pa ga Sutherland ni nadaljeval, saj je bila po njegovem mnenju takratna računalniška grafika zelo primitivna in zato neuporabna za tovrsten projekt. Svojo pozornost je raje usmeril v področje računalniške grafike, saj ga je želel izboljšati. V ta namen je izumil številne temeljne algoritme in strojno ter programsko opremo (McGreevy v McLellan 2001, 163–198). V 70. letih je prišlo do razcveta s področja interaktivne računalniške grafike. V tem obdobju so se raziskovalci začeli ukvarjati z virtualno resničnostjo. Pomembno je bilo tudi gibanje *kiberpunk* v 80., ker je spodbudilo vizije o simbiozi med strojem in človekom. Gre za temo, ki je spodbudila tudi zanimanje Hollywooda in s tem proizvodnjo filmov, kot je Terminator, ki je na neki način pokazal, kako bi bil lahko videti »računalniški vid« (Höllerer in Feiner 2004).

Vendar Sutherland ni prvi, ki se je dotaknil področja nadgrajene resničnosti, pred njim bi lahko omenili še Mortona Heiliga, ki je v obdobju 1957–1962 ustvaril in patentiral senzorični simulator, imenovan Sensorama (glej sliko 2.5). Označil ga je za »izkustveni teater«. Uporabniku je omogočil večsenzorično doživetje (video, vonj, tresljaji, veter, zvok itd.) v obliki vožnje z motorjem po virtualnem New Yorku. Sensorama nikoli ni doživel komercialnega uspeha. V enem izmed intervjujev je Heilig dejal, da je bil preveč revolucionaren za tisti čas (Media Art Net).

Slika 2.5: Sensorama



Vir: Media Art Net.

Raziskovanje na področju nadgrajene resničnosti se je v 70. in 80. nadaljevalo v različnih inštitucijah, kot so Armstrongov laboratorij Ameriškega vojnega letalstva, Amesov raziskovalni center vesoljske agencije NASA, Inštitut za tehnologijo Massachusetts in Chapel Hill Univerze Severne Karoline (Krevelen in Poelman 2010). Kljub živemu dogajanju na področju nadgrajene resničnosti pa vse do 90. let ni bilo enotnega izraza, ki bi poimenoval tovrstno spajanje resničnega in virtualnega. Prva, ki sta prebila led, sta bila Tom Caudell in David Mizell. Raziskovalca, ki sta delala za korporacijo Boeing, sta razvijala sistem, s katerim bi izboljšala procedure pri proizvodnji letal. Sistem naj bi združeval vse informacije, ki so jih tehniki potrebovali, na enem mestu. Prikazoval naj bi jih s pomočjo naglavnega prikazovalnika (Villagomez 2010). Skratka, razvijala sta napravo, ki bi čez resnično okolje izrisala vizualno informacijo »kam gre katera žica«. Njun cilj je bil zasnovati resnično mobilno napravo, ampak je bila takrat tehnologija, ki bi to omogočala, nedosegljiva (Höllerer in Feiner 2004). Konec 90. je bilo obdobje, ko je nadgrajena resničnost postala ločeno področje raziskovanja. Organizirali so številne konference (Krevelen in Poelman 2010), prva (IWAR) se je zgodila leta 1998 v San Franciscu (Zhou in drugi 2008).

Od leta 1968, ko je Sutherland predstavil svoj naglavni prikazovalnik, se je na področju nadgrajene resničnosti zgodilo marsikaj. V spodnji časovnici je navedenih *nekaj* pomembnih prispevkov na področju nadgrajene resničnosti. Ob tem velja omeniti, da ne gre za popoln seznam, ampak služi kot ilustracija razvoja na področju nadgrajene resničnosti.

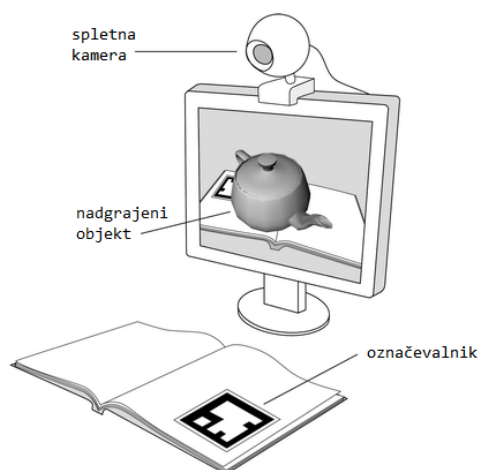
- **1962:** Morton Heilig ustvari senzorični simulator *Sensorama* (Media Art Net).
- **1966:** Ivan Sutherland izumi naglavni prikazovalnik, ki ga predstavi leta 1968, kot smo že omenili na začetku poglavja (McLellan 2001).
- **1975:** Myron Krueger ustvari *Videoplace*, ki uporabnikom omogoča interakcijo z virtualnimi objekti. Gre za prvi tovrsten projekt, ki to omogoča (Media Art Net).
- **1989:** Jaron Lanier skuje termin *virtualna realnost* (Cabiria 2012).
- **1990:** Tom Caudell skuje termin *nadgrajena resničnost* (Villagomez 2011).
- **1992:** Louis B. Rosenberg razvije enega prvih funkcionalnih sistemov nadgrajene resničnosti, imenovanega *Virtual Fixtures* (Cabiria 2012).
- **1992:** Steven Feiner, Blair MacIntyre in Doree Seligmann predstavijo prvi pomembnejši znanstveni članek o prototipu sistema nadgrajene resničnosti, imenovanem *KARMA* (Cabiria 2012).
- **1996:** Na Univerzi Columbia razvijejo *MARS* – mobilne sisteme nadgrajene resničnosti (angl. Mobile Augmented Reality Systems). Gre za vodniški sistem, ki prikazuje informacije o različnih stavbah in spomenikih (Feiner in drugi 2001).
- **1998:** Na Univerzi Severne Karoline predstavijo prostorsko nadgrajeno resničnost (Cabiria 2012).
- **1999:** Hirokazu Kato razvije *ARToolKit*, knjižnico s programsko opremo, namenjeno pisanju aplikacij za nadgrajeno resničnost (ARToolKit).
- **2000:** Bruce H. Thomas razvije *ARQuake*, ki temelji na računalniški igri Quake. Gre za prvo mobilno igro nadgrajene resničnosti, ki je namenjena igranju zunaj zavetja domačega računalnika (Cabiria 2012).
- **2008:** Izide program *Wikitude*, potovalni vodnik, ki temelji na nadgrajevanju resničnosti (Cabiria 2012).
- **2013:** Google napove odprto beta testiranje za očala *Google Glass*.

Tomi Ahonen, strokovnjak na področju mobilne tehnologije, je na TEDxMongKok leta 2012 nadgrajeno resničnost poimenoval kot *osmi masovni medij* in napovedal, da jo bo do konca desetletja uporabljala milijarda ljudi (TED). Med prvih sedem masovnih medijev (po kronološkem vrstnem redu) spadajo tisk, posnetki (glasba), kino, radio, TV, internet in mobilna tehnologija (Ahonen 2008).

2.3 Tipi nadgrajene resničnosti

Cheng in Tsai nadgrajeno resničnost delita v dve skupini. Prva je slikovna (angl. image-based), kjer je za delovanje potreben neke vrste označevalnik (marker). Označevalnik je običajno grafična podoba na listu papirja, ki napravi za prikazovanje (npr. spletna kamera v navezi z monitorjem) sporoči pozicijo virtualnega elementa (glej sliko 2.6). Obstaja tudi druga vrsta slikovne zaznave, ki jo avtorja imenujeta »naravna grafična zaznava«, kjer je princip isti kot pri označevalnikih, le da gre tu za zaznavo pravih objektov, kot so človeški obraz, steklenica piva, knjiga itd. Oboje pa spada med slikovno nadgrajeno resničnost (Cheng in Tsai 2012).

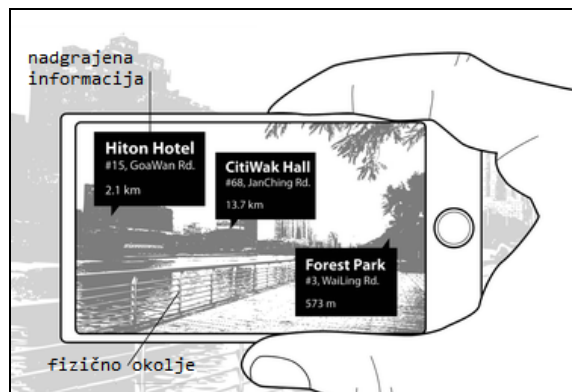
Slika 2.6: Primer slikovne nadgrajene resničnosti



Vir: Cheng in Tsai (2012).

V drugo skupino spada lokacijska (angl. location-based) nadgrajena resničnost, ki v nasprotju s slikovno ne uporablja označevalnikov za pozicioniranje, ampak podatke, ki jih pridobi iz mobilnih naprav, npr. brezžičnega omrežja ali GPS, s pomočjo katerih identificira lokacijo, kamor nato vključi računalniško generirane podobe oz. informacije (Cheng in Tsai 2012) (glej sliko 2.7). Gre za tisto vrsto nadgrajene resničnosti, ki smo jo omenili v uvodu (glej sliko 2.2).

Slika 2.7: Primer lokacijske nadgrajene resničnosti



Vir: Cheng in Tsai (2012).

2.4 Tehnologija prikazovanja nadgrajene resničnosti

Za ustvarjanje nadgrajene resničnosti obstajajo različne tehnologije. Skupek teh tehnologij se imenuje *prikazovalnik*. Gre za sistem, ki prikazuje virtualne podobe na resničnem okolju z uporabo optičnih, elektronskih in mehanskih komponent. Prikazovalnik ustvari podobo nekje na vidni poti med našim očesom in fizičnim objektom, ki ga želimo (navidezno) nadgraditi. Podoba je lahko generirana na ravno ali kompleksnejšo podlago, odvisno od optike, ki jo uporablja (Bimber in Raskar 2006).

Obstaja več vrst prikazovalnikov, ki se delijo na t. i. *video prepustne* in *optično prepustne*. Prvi delujejo na principu integracije virtualnih podob v zaslon, ki s pomočjo kamere prikazuje živo sliko okolja (Bimber in Raskar 2005). To pomeni, da računalnik snema okolico, posnetek sproti pošilja v računalnik, ki posnetek nadgradi z virtualnimi elementi, in nam novo celoto pokaže na zaslonu, ki ga imamo pred očmi. Nastala iluzija nam daje občutek, da gledamo resnični svet, v resnici pa gledamo posnetek resničnega sveta (Schneiderman 2009).

Na drugi strani so optično prepustni prikazovalniki, ki nam omogočajo neposreden pogled na resnično okolje in vanj vključene virtualne podobe brez posredniškega zaslona, v katerega bi morali gledati, da bi lahko videli nadgrajeni svet. Tovrstna tehnologija uporablja optične elemente, ki so delno prepustni in delno odsevni. Delno prepustni del spusti skozi resnični svet, medtem ko delno odsevni proti nam pošlje odsev zaslona, ki prikazuje virtualni objekt (npr. prosojni LCD-zaslon ali polprosojno ogledalo) (Bimber in Raskar 2005).

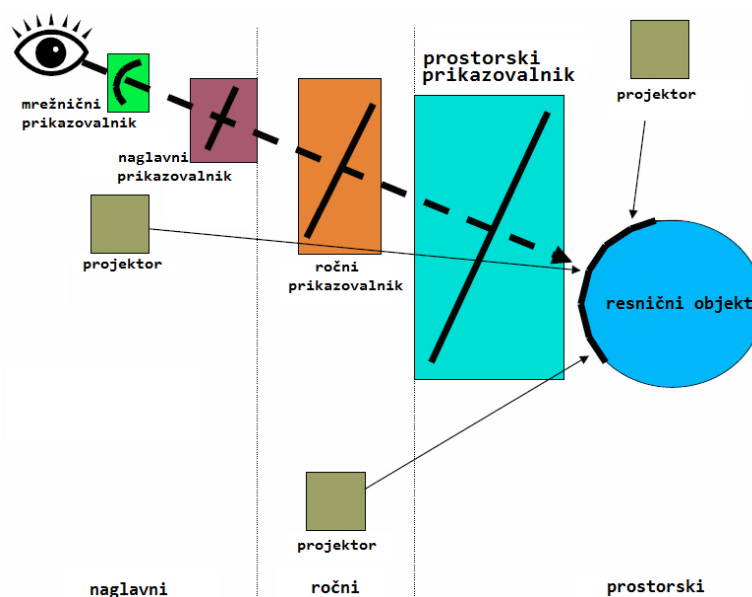
Delitev prikazovalnikov na video prepustne in optično prepustne predstavlja zgolj del zgodbe, saj se ti delijo še glede na položaj v prostoru. Lahko so na uporabnikovi glavi, v njegovih rokah ali znotraj samega prostora, ki ga želimo nadgraditi. Zato se prikazovalniki delijo še na tri kategorije (Bimber in Raskar 2005; Bimber in Raskar 2006).

V **prvi kategoriji** so prikazovalniki, ki se jih pripne na glavo (angl. Head-Attached Display), mednje spadajo naglavni prikazovalniki (angl. Head-Mounted Display), npr. »očala« z zasloni. Sledijo mrežnični prikazovalniki, kjer je virtualna podoba narisana naravnost na mrežnico s pomočjo šibkega laserja ali LED-diod, ter naglavni projektorji, ki projicirajo v prostor (Bimber in Raskar 2006).

V **drugi kategoriji** so ročni prikazovalniki, prenosljive naprave, ki nadgrajujejo prostor. Med najbolj komercialne lahko uvrstimo pametne telefone in tablične računalnike.

V **tretjo kategorijo** pa spadajo prostorski, ki so, kot namiguje že ime, ločeni od telesa in integrirani v okolje, npr. projektorji (Bimber in Raskar 2006). Na sliki 2.8 lahko vidimo, kje vse se lahko pojavi generirana virtualna podoba, kje so locirani posamezni tipi prikazovalnika v odnosu z uporabnikom in resničnim objektom ter kakšne vrste podoba je ustvarjena – ravna ali ukrivljena (Bimber in Raskar 2005).

Slika 2.8: Vrsta prikazovalnikov nadgrajene resničnosti



Vir: Bimber in Raskar (2006).

3 PODROČJA UPORABE NADGRAJENE RESNIČNOSTI

Nadgrajena resničnost je najnovejši dosežek na področju socialno-tehnološkega razvoja sodobne družbe (Yuen in drugi 2011) in predstavlja tiste vrste tehnologijo, ki ima potencialno prihodnost na domala vseh področjih profesionalnega in vsakdanjega življenja. Obsega področja zabave, izobraževanja, zdravstva, inženiringa, proizvodnje itd. (Silva in drugi 2003). Z razvojem tehnologije nadgrajene resničnosti je vedno več področij, ki bodo nekoč del iste zgodbe (Sairio 2001).

Do te točke smo že definirali nadgrajeno resničnost in jo predstavili skozi zgodovinski in tehnološki kontekst. V tretjem poglavju pa bomo opisali nekaj pomembnejših področij, in sicer medicino, izobraževanje, oglaševanje, razvedrilo, vojsko in turizem, kjer je nadgrajena resničnost v neki meri že implementirana. Pri posameznem področju bomo navedli tudi primere tehnologij in aplikacij.

3.1 Medicina

Prvo izmed pomembnih področij, kjer obstaja težnja po nadgrajevanju resničnosti, je gotovo medicina. Gre za področje, kjer je velik poudarek na slikovni tehnologiji. Ravno zato je bila paradigma nadgrajene resničnosti zelo hitro sprejeta (Hamza-Lup 2004).

Z vzponom tehnologij, kot so magnetna resonanca (MRI), tomografija (CT) in ultrazvok (US) je prišlo do prehoda s »slepega« operiranja, kjer je moral kirurg pacienta odpreti, da je lahko varno identificiral bolezensko stanje (patologijo), na vizualno, kjer diagnoza temelji na slikah. Uporaba tovrstnih tehnologij kirurgu omogoča, da lahko analizira, načrtuje ter oceni prednosti in slabosti kirurškega posega. Tovrstni pripravljalni proces se imenuje *predoperativni* postopek. Nadaljnje se pridobljeni podatki prenesejo v operativno sobo, pri čemer imajo vlogo vodnika, ki kirurga »vodi« skozi poseg (*medoperacijski* postopek) (Bianchi 2007).

Nekoč so med operacijo uporabljali fizične kopije slik, pri čemer je bil kirurg primoran mentalno pretvoriti dvodimenzionalno podobo pacienta in jo spojiti s tridimenzionalnim telesom, ki ga je operiral. S časom je prišlo do preskoka s fizičnih slik na računalniške vizualizacijske sisteme, ki predoperativne podobe prikazujejo na zaslonu med samo operacijo (slikovno vodena operacija). Kljub temu pa ob tem še vedno obstaja potreba po

mentalnemu spajanju dveh podob, pacienta in njegovega modela na zaslonu (Bianchi 2007).

Na tem mestu stopi v igro nadgrajena resničnost. S pomočjo slednje bi lahko kirurgu omogočili, da bi lahko informacije iz npr. magnetne resonance videl v realnem času – med operacijo. Ideja o zdravniku z rentgenskim vidom je stara že kot sama ideja o medicinskem slikanju pacientov. Tovrstna tehnologija bi olajšala postopek operiranja, saj ne bi bilo več potrebe po stalnemu pogledovanju k zaslonu (Birkfellner in drugi 2002).

V medicini se je pred nadgrajeno resničnostjo uporabljala že navidezna resničnost, in sicer v namen simuliranja medicinskih postopkov, pri čemer se je uporabnika (kirurga) vključilo v navidezno okolje. Problem slednjega je v tem, da je bilo celotno okolje virtualno – z virtualnim pacientom in orodjem, kjer uporabnik ni imel stika z realnostjo. Zato je služila zgolj za predoperativno vadbo. Znotraj medicine je za uspešno simulacijo potrebna tehnologija, kjer je prisotna večja mera interakcije in za nadgrajeno resničnost značilnega združevanja resničnega okolja z navidezno prikazanimi navodili. Na tem področju je raziskoval Bianchi, ki je v svojem projektu za ortopedski kirurški proces repozicioniranja zlomljenih kosti implementiral nadgrajeno resničnost. Njegov namen je bil ustvariti simulator, ki bi pri simulacijah posegov uporabljal resnične zlomljene kosti, na katere bi računalnik dodal navidezno tkivo in vezi. Uporabnik bi z uporabo naglavnega prikazovalnika videl spremembe, ki jih povzroča medicinsko orodje, hkrati pa bi občutil realne povratne informacije pri interakciji z resnično kostjo (Bianchi 2007).

Poleg Bianchijevega projekta obstajajo številni drugi projekti, ki raziskujejo področje nadgrajene resničnosti na področju medicine. Med drugim bi lahko omenili poskus z Univerze Severna Karolina, kjer so z ultrazvokom skenirali maternico noseče ženske, ustvarili 3D-podobo fetusa znotraj maternice in podobo prikazali na abdomnu s pomočjo naglavnega prikazovalnika, kar lahko vidimo na sliki 3.1 (Azuma 1997). Prisotne so bile sicer številne težave, predvsem s pravilnim postavljanjem fetusa v prostor in kvaliteto same podobe (State in drugi 1994).

Slika 3.1: 3D-podoba fetusa znotraj maternice



Vir: State in drugi (1994).

3.2 Izobraževanje

Podobno kot pri medicini tudi na področju izobraževanja obstaja želja po vključevanju nadgrajene resničnosti v učni proces. Nadgrajena resničnost ima na pedagoškem področju velik potencial. Problem predstavlja dejstvo, da je še vedno dokaj nerazvita. Vendar pa mnogi menijo, da nagrajena resničnost v prihodnosti *bo* imela vpliv na izobraževanje (Cheng in Tsai 2012). V Horizon Report so leta 2011 napovedali, da se bo raba enostavne nadgrajene resničnosti v izobraževanju razširila v obdobju dveh do treh let (Horizon Report 2011).

Kljub temu da nadgrajena resničnost na področju izobraževanja še ni razvita v tej meri, da bi bila vključena v vsakodnevni učni proces, pa obstajajo številne (eksperimentalne) aplikacije za mobilne naprave, ki so namenjene izobraževanju. Ena izmed zanimivih aplikacij izvira iz Japonske. Gre za »nadgrajeni« učenik z naslovom *New Horizon*, ki je namenjen učenju angleščine (glej sliko 3.2). Učenik ima na več straneh postavljene označevalnike, ki učencu omogočajo interakcijo s pomočjo namenske aplikacije. Aplikacija oživi like iz učbenika, ki jih učenec lahko posluša v obliki krajših animiranih dialogov (Tokyo Shoseki).

Slika 3.2: Primer nadgrajenega učbenika



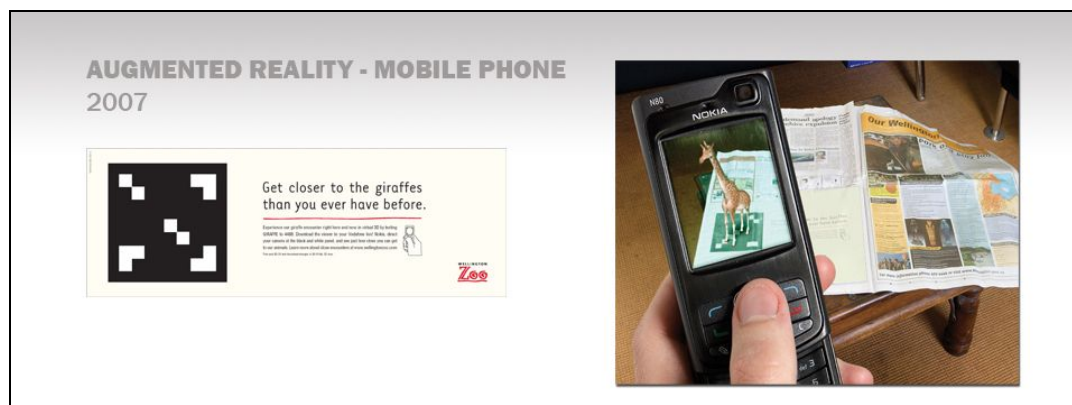
Vir: Tokyo Shoseki.

3.3 Oglaševanje

Nadgrajena resničnost se pri oglaševanju uporablja na različnih področjih od oglaševanja filmov do televizije in drugih produktov (Thomes 2010). Pri tem se uporabljajo različne tehnike. Najpogostejša je uporaba posebnih označevalnikov (markerjev), ki jih mobilni telefon ali spletna kamera s pomočjo posebne programske opreme zazna in na zaslonu izriše tridimenzionalno podobo (Carmigniani in Furht 2011). Pri tem ima marker vlogo koordinacijskega sistema, ki služi kot pomoč pri pravilni postavitvi virtualne podobe v prostor (Thomes 2010).

Eden izmed tovrstnih načinov oglaševanja izvira iz leta 2007, ko so v Hit Lab NZ v sodelovanju z oglaševalskim podjetjem Saatchi and Saatchi za živalski vrt v Wellingtonu (Nova Zelandija) pripravili prvo mobilno oglaševalsko kampanjo, ki je uporabljala tehnologijo nadgrajene resničnosti. V lokalnem časopisu je bil v treh zaporednih dneh objavljen oglas z mobilno številko. Bralci, ki so poslali sporočilo na objavljeno številko, so prejeli aplikacijo za svoj mobilni telefon. Ko so telefon s kamero usmerili na oglas, so na zaslonu videli 3D-model ene izmed živali (glej sliko 3.3). Problem je bil, da je bila zaradi narave aplikacije ta na voljo zgolj lastnikom telefonov znamke Nokia, ki jih je poganjal operacijski sistem Symbian. Kampanja je bila zelo uspešna in obisk v živalskem vrtu je zrasel (Schmalstieg in drugi 2011).

Slika 3.3: Primer časopisnega oglasa



Vir: mediawhore (2010).

3.4 Razvedrilo

Profesionalno področje ni edino, kjer je prisotna nadgrajena resničnost, saj se je razširila tudi na področje razvedrila, ki vključuje predvsem računalniške igre (Barakonyi in Schmalstieg 2005). Po Hallerjevem mnenju je sistem za razvedrilo eden najuspešnejših načinov uporabe tehnologij nadgrajene resničnosti (Haller 2007). Dober primer s področja razvedrila so igre, ki so poznane po prinašanju novih tehnologij med masovno publiko, hkrati pa igralniška industrija privablja številne potrošnike. Igre sicer lahko kategoriziramo kot zabavne ali kot resne (Tomi in Rambli 2011).

Eden pomembnejših korakov na področju »nadgrajenih« iger je projekt ARQuake iz leta 2000. Gre za projekt, pri katerem so računalniško prvoosebno strelsko igro Quake podjetja ID Software prenesli v fizični svet. Igralec v fizičnem svetu interaktira s kreaturemi iz igre s pomočjo prenosljivega računalniškega sistema Tinmith², ki generira tridimenzionalne podobe, in naglavnega prikazovalnika, ki jih prikazuje. Razlog, da so izbrali ravno igro Quake, je v prilagodljivosti grafičnega programa. Slabost sistema je bila njegova okornost, saj je moral uporabnik na hrbtu nositi težko in krhko opremo (Thomas in Piekarski 2003). Na sliki 3.4 lahko vidimo primer igralniške izkušnje in opreme.

² Računalnik so razvili na Univerzi Južne Avstralije. Sistem omogoča zaznavanje uporabnikove lokacije in orientacije njegove glave.

Slika 3.4: Oprema (levo) in primer igralne izkušnje (desno)

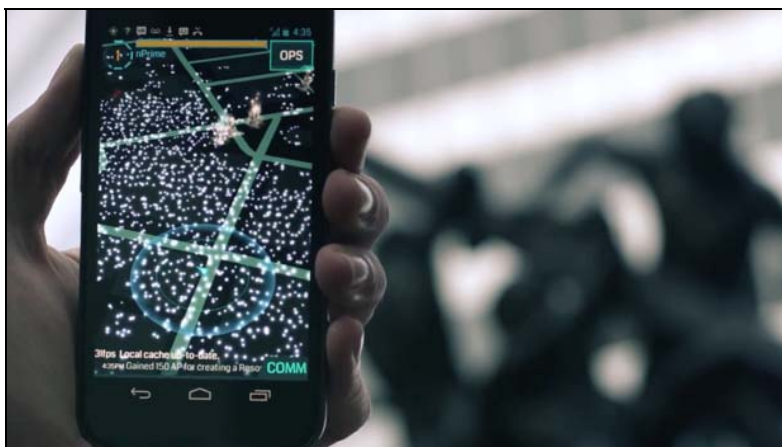


Vir: ChopSuey Weblog (2008).

Trinajst let kasneje so na področju nadgrajenega igralništva vidne spremembe, saj je prišlo do prehoda s težkih prenosljivih naprav, kot je Tinmith, na manjše mobilne (pametne telefone), ki jih uporabnik lahko nosi v roki. V zadnjem letu je na spletu mogoče opaziti, da popularnosti pridobiva masovna spletna igra Ingress³ (glej sliko 3.5), ki so jo izdali pri Niantic Labs v sklopu podjetja Google. Igra je, podobno kot ARQuake, igralniško izkušnjo pripeljala iz hiše. Naloga igralcev je, da zavzemajo in prevzemajo različne portale ter jih povezujejo v polja, ki lahko obsegajo nekaj metrov ali celo kilometrov. Portali so pripeti na različne objekte, ki obstajajo v resničnem svetu (spomeniki, stavbe itd.). Igralci pri interakciji s portali uporabljajo svoje pametne naprave (telefoni, tablice), na katerih imajo naloženo aplikacijo, ki jim v realnem času kaže lokacijo portalov (s pomočjo GPS), njihovo stanje ter jim omogoča njihovo zavzemanje (»hekanje« portalov).

³ <http://ingress.com>

Slika 3.5: Ingress na pametnem telefonu



Vir: Daily Geek Show (2012).

3.1 Vojska

Za vojaške organizacije (predvsem ameriško vojsko) velja, da so običajno dobro financirane, kar jim omogoča, da vlagajo v tehnološki razvoj. Mnoge inovacije kasneje postanejo del vsakdanjega življenja. Dober primer prehoda tehnologij iz vojaške sfere v sfero vsakdanjega življenja je internet (Rheingold 1993). Podobno kot za internet velja tudi za nadgrajeno resničnost, saj je razvoj za potrebe vojske potekal tudi na tem področju. Že Ivana Sutherlanda, ki smo ga že omenili, je financirala vojaška organizacija DARPA na področju interaktivne računalniške grafike (Livingston in drugi 2011).

Po Livingstonovih besedah postajajo vojaške operacije vedno bolj raznolike. Za lažje spopadanje z novimi in vedno zahtevnejšimi nalogami je vojska vložila v razvoj novih orodij za uporabo med operacijami in pripravami nanje. Mnoge potrebe so pripeljale do premikov na področju nadgrajene resničnosti (Livingston in drugi 2011).

Vojska za urjenje in izobraževanje uporablja različne prikazovalnike nadgrajene resničnosti. Npr. piloti v vojaških plovilih že leta uporabljajo različne načine prikazovanja informacij čez resnični svet – od zaslonov do naglavnih sistemov, ki pilotom izrisujejo vektorsko grafiko (Azuma 1997).

Leta 2011 je DARPA v sklopu programa SCENICC⁴ začela razvijati različne sisteme, ki bi vojakom omogočili nadgrajeno zaznavo okolja in s tem bolje izkoristili položaj na terenu.

⁴ Soldier centric imaging via computational camera

Eden izmed projektov so posebne kontaktne leče, ki bodo vojaku izrisovale pomembne virtualne elemente naravnost na mrežnico, brez potrebe po težkih čeladah, ki opravljajo podobno funkcijo (DARPA 2012).

Eden izmed projektov na področju vojaške opreme, namenjen podpori vojakom, predvsem v urbanih naseljih, se imenuje BARS (Battlefield Augmented Reality System). Sistem, ki ga sestavljajo prenosljiv računalnik, brezžični omrežni sistem in optično-prepustni naglavni prikazovalnik z enoto za sledenje, prikazuje informacije o stavbah in ulicah, prikazuje tudi vojakove naloge in morebitne sovražne enote v bližini (Julier 2000). Koncept je enak kot pri strelski igri ARQuake (glej sliko 3.6).

Slika 3.6: BARS



Vir: Technopits (2012).

3.2 Turizem

Zadnje izmed področij, ki jih bomo obravnavali, je turizem, kjer ima nadgrajena resničnost prav tako velik potencial (Yovcheva in drugi 2012). Prihodnost tehnologije na tem področju temelji na mobilni tehnologiji, saj moderni pametni telefoni vsebujejo pomembne elemente, kot so kamera in različni senzorji (žiroskop, GPS, senzor gibanja itd.), ki lahko uspešno identificirajo lokacijo uporabnika v okolju, kjer je. Ravno zato so mobilne naprave z aplikacijami, ki nadgrajujejo resničnost, primerne kot vodnik in alternativa zemljevidom ter turističnim vodnikom (knjige, brošure) pri premikanju po svetu, brez omejevanja uporabnikov s težkimi aparaturami (Choubassi 2010).

Nadgrajena resničnost znotraj turizma predstavlja prednost, saj turistu omogoča, da se laže orientira po prostoru, da vidi nevidne informacije ter pot do odročnih in skritih krajev, ki bi jih sam spregledal. Skratka, ponuja mu različne poti dostopanja do informacij (Sung 2011). Prav tako omogoča, da ima dostop do *natančnih* informacij, ki niso vezane zgolj na turistične točke, kot so prenočišča, trgovine in restavracije (Marimon in drugi 2010).

Do današnjega dne obstajajo številne aplikacije, ki so namenjene informiranju uporabnikov o njihovi okolici, ena najbolj popularnih je verjetno Wikitude⁵ (glej sliko 3.7). Gre za aplikacijo, ki je namenjena uporabnikom telefonov iOS (iPhone), Android in Symbian. Ta pobira informacije z Wikipedije in drugih servisov ter jih nato izpiše na zaslon uporabnikovega telefona.

Slika 3.7: Wikitude



Vir: Hamburger (2011).

Popularnost si deli z orodjem Layar⁶ (glej sliko 3.8), ki ponuja podobno izkušnjo kot Wikitude. Uporabnikom na zaslonu njihovih pametnih telefonov doda ikone, ki označujejo lokale, znamenitosti in drugo (Marimon in drugi 2010). Layar se uporablja tudi na drugih področjih (marketing).

⁵ <http://wikitude.org>

⁶ <http://layar.com>

Slika 3.8: Layar



Vir: EyeTour (2009).

4 SKLEP IN ZAKLJUČEK

Pri analizi besedil smo odgovarjali na tri raziskovalna vprašanja. Naprej smo se osredotočili na raziskovalni vprašanji, *kaj je nadgrajena resničnost* in *kako se je področje nadgrajene resničnosti razvijalo skozi čas* (drugo poglavje). V tretjem poglavju pa nas je zanimalo vprašanje, *na katerih pomembnejših področjih se nadgrajena resničnost že uporablja*.

V sklopu prvega raziskovalnega vprašanja smo ugotovili, da je nadgrajena resničnost koncept oz. tehnologija združevanja resničnega in virtualnega v realnem času, ki daje uporabniku občutek, da fizično in virtualno soobstajata v istem prostoru. Cilj združevanja resničnega in virtualnega je nadgraditev percepcije resničnega sveta. V teoriji lahko nadgradi vse človeške čute, tudi tiste, ki jih je posameznik izgubil.

Skozi pregled zgodovinskega konteksta smo ugotovili, da njeni začetki segajo v 60. leta 20. stoletja, kjer na področju izstopata dva izuma, Sensorama, senzorični simulator, in Damoklejev meč, prvi naglavni prikazovalnik. V obdobju med izumom Sensorame in sedanjostjo so bili razviti številni sistemi nadgrajevanja resničnosti, npr. Videoplace, ARQuake, MARS, Wikitude in drugi.

V sklopu tretjega raziskovalnega vprašanja, *na katerih pomembnejših področjih se nadgrajena resničnost že uporablja*, smo izpostavili 6 področij. Medicino, izobraževanje,

oglaševanje, razvedrilo, vojsko in turizem. Pri tem smo se skušali navezati na nekatere elemente pri posameznem področju, ki bi jih lahko nadgrajena resničnost nadgrajevala.

Na področju medicine lahko kirurgu omogoči, da informacije o pacientu vidi v realnem času. Npr. projekt z Univerze Severne Karoline s pomočjo ultrazvoka izrisuje podobo fetusa na žensko maternico.

Pri izobraževanju pričakujejo razširitev na področje v obdobju dveh do treh let. Primer nadgrajevanja resničnosti v izobraževanju so »nadgrajeni« učbeniki (New Horizon), ki s pomočjo označevalnikov omogočajo dodatno interakcijo v obliki krajših animiranih dialogov.

Nadgrajevanje resničnosti je prisotno tudi na področju oglaševanja, kjer se uporabljajo različne tehnike. Najpogostejša je raba označevalnikov. Prva oglaševalska kampanja, ki je uporabljala označevalnike v časopisu, je bila namenjena živalskemu vrtu v Wellingtonu. Bralcem je omogočala, da so s pomočjo aplikacije na mobilni napravi videli 3D-modele živali.

Področje razvedrila velja za enega najbolj uspešnih načinov rabe nadgrajene resničnosti. Največ poudarka je na igrah, saj so te poznane po prinašanju novih tehnologij med masovno publiko. Pomemben korak na tem področju je prototipni projekt ARQuake, kjer so računalniško igro prenesli v resnični svet.

Tudi na vojaškem področju obstaja potreba po nadgrajevanju resničnosti pri misijah na terenu. Razvoj na tem področju je bil financiran že v preteklosti, predvsem ga je financirala organizacija DARPA. Eden izmed projektov na področju vojaške opreme, namenjen podpori vojakom, predvsem v urbanih naseljih, se imenuje BARS (Battlefield Augmented Reality System), ki prikazuje informacije o stavbah, ulicah itd.

Tudi na področju turizma obstaja velik potencial nadgrajevanja resničnosti, kjer je poudarek predvsem na mobilni tehnologiji, saj naprave, kot je pametni telefon, vsebujejo različne elemente, kot so kamera in senzorji (GPS, žiroskop itd.), lahko identificirajo lokacijo porabnika v okolju in mu na podlagi tega dajejo informacije o okolju (stavbah, spomenikih itd.).

Nadgrajena resničnost je relativno nova tehnologija, ki skozi različna področja počasi prihaja v ospredje vsakdanjega in profesionalnega življenja. Njena glavna naloga je, da poenostavi naše življenje s tem, da ga nadgradi in izboljša. Skozi ta tekst smo predstavili nadgrajeno resničnost kot novo obliko interakcije s svetom. Nadgrajena resničnost ima potencial, da postane del našega življenja, ali se bo to dejansko zgodilo, pa bomo videli v prihodnjih nekaj letih.

5 LITERATURA

1. Ahonen, Tomi. 2008. *Mobile as 7th of the Mass Media: Cellphone, Cameraphone, iPhone, Smartphone*. Futuretext.
2. *Augmented Reality Wikia*. Dostopno prek: http://de.augmentedreality.wikia.com/wiki/Augmented_Reality_Wiki (29. avgust 2013).
3. *ARToolKit*. Dostopno prek: <http://www.hitl.washington.edu/artoolkit> (29. avgust 2013).
4. Azuma, T. Ronald. 1997. A Survey of Augmented Reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments* 6 (4): 355–385.
5. Barakonyi, István in Dieter Schmalstieg. 2005. Augmented Reality Agents in the Development Pipeline of Computer Entertainment. V *Entertainment computing -- ICEC 2005: 4th international conference, Sanda, Japan, September 19–21, 2005: proceedings*, ur. Fumio Kishino, Yoshifumi Kitamura, Hirokazu Kato in Noriko Nagata, 345–356.
6. Bianchi, Gérald. 2007. *Exploration of Augmented Reality Technology for Surgical Training Simulators*. Swiss Federal Institute of Technology Zurich. Dostopno prek: <http://e-collection.library.ethz.ch/eserv/eth:29250/eth-29250-02.pdf> (29. avgust 2013).
7. Bimber, Oliver in Ramesh Raskar. 2005. *Spatial augmented reality: merging real and virtual worlds*. Wellesley, MA: A K Peters. Dostopno prek: <http://140.78.90.140/medien/ar/SpatialAR/download.php> (29. avgust 2013).

8. Bimber, Oliver in Ramesh Raskar. 2006. *Modern Approaches to Augmented Realit.* Dostopno prek: <http://www.merl.com/papers/docs/TR2006-105.pdf> (29. avgust 2013).

9. Birkfellner, Wolfgang, Michael Figl, Klaus Huber, Franz Watzinger, Felix Wanschitz, Johann Hummel, Rudolf Hanel, Wolfgang Greimel, Peter Homolka, Rolf Ewers, and Helmar Bergmann. 2002. A Head-Mounted Operating Binocular for Augmented Reality Visualization in Medicine—Design and Initial Evaluation. V *IEEE transactions on medical imaging* 21 (8): 991–997.

10. Cabiria, Jon. 2012. Augmenting engagement: Augmented reality in education. V *Increasing student engagement and retention using immersive interfaces: virtual worlds, gaming, and simulation*, ur. Charles Wankel, Patrick Blessinger, Jurate Stanaityte in Neil Washington, 225–253.

11. Carmigniani, Julie in Borko Furht. 2011. Augmented Reality: An Overview. V *Handbook of augmented reality*, ur. Borko Furht, 3–46. New York: Springer.

12. Cheng, Kung-Hung in Chin-Chung –Tsai. 2012. Affordances of Augmented Reality in Science Learning: Suggestions for Future Research. *Journal of Science Education and Technology* 22 (4): 449–462.

13. Chopsuey Weblog. 2008. *ARQuake, realidad aumentada*. Dostopno prek: <http://chopsueyblog.wordpress.com/2008/10/23/arquake-realidad-aumentada> (29. avgust 2013).

14. Choubassi El, Maha, Oscar Nestares, Yi Wu, Igor Kozintsev in Horst Haussecker. 2010. An Augmented Reality Tourist Guide on Your Mobile Devices. V *Advances in Multimedia Modeling 16th International Multimedia Modeling Conference, MMM, Chongqing, China January 6–8, 2010, proceedings*, ur. Susanne Boll, 588–602.

15. Clarke, Arthur C. 1962. *Profiles of the future; an inquiry into the limits of the possible*. 1st ed. New York: Harper & Row.
16. Daily Geek Show, 2012. *Google se lance dans les jeux vidéo avec Ingress, un MMORPG en réalité augmentée*. Dostopno prek: <http://dailygeekshow.com/2012/11/20/google-se-lance-dans-les-jeux-video-avec-ingress-un-mmorpg-en-realite-augmentee> (29. avgust 2013).
17. DARPA. 2012. *DARPA researchers design eye-enhancing virtual reality contact lenses*. Dostopno prek: <http://www.darpa.mil/NewsEvents/Releases/2012/01/31.aspx> (29. avgust 2013).
18. EyeTour. 2009. *EyeTour Develops First Augmented Reality Experience For Puerto Rico*. Dostopno prek: <http://eyetour.com/blog/2009/08/17/eyetour-develops-first-augmented-reality-experience-for-puerto-rico> (29. avgust 2013).
19. Fainer, Steven in Tobias Höllerer, Elias Gagas, Drexel Hallaway, Tachio Terauchi, Sinem Güven in Blair MacIntyre. 2001. *Mars – Mobile Augmented Reality Systems*. Dostopno prek: <http://monet.cs.columbia.edu/projects/mars> (29. avgust 2013).
20. Halic, Tansel, Sinan Kockara, Coskun Bayarak, and Richard Rowe. 2010. *Mixed reality simulation of rasping procedure in artificial cervical disc replacement (ACDR) surgery*. BioMed Central Ltd. Dostopno prek: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3026358> (29. avgust 2013).
21. Hamburger, Ellis. 2011. *10 iPhone Apps That Will Make You Feel Like You're In The Future Through Augmented Reality*. Dostopno prek: <http://www.businessinsider.com/best-augmented-reality-apps-for-iphone-and-ios-2011-3?op=1#ixzz2dRtoHyqF> (29. avgust 2013).

22. Hamza-Lup, Felix G. 2004. *A Distributed Augmented Reality System for Medical Training and Simulation*. University of Central Florida. Dostopno prek: <http://www.creol.ucf.edu/research/publications/1366.pdf> (29. avgust 2013).
23. *Horizon Report*. 2011. Dostopno prek: <http://wp.nmc.org/horizon2011/sections/augmented-reality/#3> (29. avgust 2013).
24. Höllerer, Tobias H. in Steven K. Feiner. 2004. Chapter Nine: Mobile Augmented reality. V *Telegeoinformatics: Location-Based Computing and Services*, ur. Hassan Karimi in Amin Hammad.
25. Julier, Simon, Yohan Baillot, Marco Lanzagorta, Dennis Brown in Lawrence Rosenblum. 2000. BARS: Battlefield Augmented Reality System. V *NATO Symposium on Information Processing Techniques for Military System*, 9–11.
26. Kipper, Greg in Joseph Rampolla. 2013. *Augmented Reality: An Emerging Technologies Guide to AR*. Elsevier.
27. Kerckove, Derrick de. 1999. Virtual Reality for Collective Cognitive Processing. V *Ars Electronica: Facing the Future*, ur. Timothy Druckley, 234–241.
28. Krevelen, D.W.F van in R. Poelman. 2010. A Survey of Augmented Reality. V *Technologies, Applications and Limitations The International Journal of Virtual Reality* 9 (2), 1–20.
29. Livingston, Mark A., Lawrence J. Rosenblum, Dennis G. Brown, Gregory S. Schmidt, Simon J. Julier, Yohan Baillot, J. Edward Swan II, Zhuming Ai, and Paul Maassel. 2011. Military Applications of Augmented Reality. V *Handbook of augmented reality*, ur. Borko Furht, 671-706.
30. McLellan, Hilary. 2004. Virtual realities. V *Handbook of research on educational communications and technology (2nd Edition)*, ur. Dave Jonassen, 461–497. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.

31. McGreevy, Michael. W. 1993. Virtual reality and planetary exploration. V *Virtual reality: Applications and explorations*, ur. Alan Wexelblat, 163–198. Boston: Academic Press Professional.
32. *Media Art Net/Medien Kunst Netz*. Dostopno prek: <http://www.medienkunstnetz.de> (29. avgust 2013).
33. Miles, Stuart. 2011. *Top 10 uses of augmented reality in the movies*. Dostopno prek: <http://www.pocket-lint.com/news/108890-best-augmented-reality-in-movies> (29. avgust 2013).
34. Media Whore. 2010. *Wellington Zoo – Augmented Reality*. Dostopno prek: <http://mediawhore.co.nz/?p=55> (29. avgust 2013).
35. Milgram, Paul in Fumio Kishino. 1994. A taxonomy of mixed reality visual displays. *IEICE Transactions on Information Systems* 77 (12). Dostopno prek: http://etclub.mie.utoronto.ca/people/paul_dir/IEICE94/ieice.html (29. avgust 2013).
36. Piekarski, Wayne. and Thomas, Bruce. H. 2003. ARQuake - Modifications and Hardware for Outdoor Augmented Reality Gaming. *4th Australian Linux Conference, Perth, WA*. Dostopno prek: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.79.6851&rep=rep1&type=pdf> (29. avgust 2013).
37. Rheingold, Howard. 1993. *The virtual community: homesteading on the electronic frontier*. Addison-Wesley Pub. Co.
38. Sairio, Mikko. 2001. *Augmented reality*. Dostopno prek: http://www.tml.tkk.fi/Studies/Tik-111.590/2001s/papers/mikko_sairio.pdf (29. avgust 2013).
39. Scheinerman, Matt. 2009. *Exploring Augmented Reality*. Haverford College Computer Science. Dostopno prek: <http://triceratops.brynmawr.edu/dspace/>

- bitstream/handle/10066/3720/2009ScheinermanM(Abridged).pdf?sequence=6 (29. avgust 2013).
40. Schmalstieg, Dieter, Tobias Langlotz, and Mark Billinghurst. 2011. Augmented reality 2.0. V *Virtual realities Dagstuhl Seminar 2008*, ur. Sabine Coquillart, Guido Brunnett in Gregory V. Welch, 13–37.
41. State, Andrei, David T. Chen, Chris Tector, Andrew Brandt in Hong Chen. 1994. *Ryutarou Ohbuchi, Mike Bajura and Henry Fuchs Case Study: Observing a Volume Rendered Fetus within a Pregnant Patient*. University of North Carolina. Dostopno prek: http://www.cs.unc.edu/~andrei/pubs/1994_VIZ_usound.pdf (29. avgust 2013).
42. Sung, Dan. 2011. *Augmented reality in action - travel and tourism*. Dostopno prek: <http://www.pocket-lint.com/news/108891-augmented-reality-travel-tourism-apps> (29. avgust 2013).
43. Technopits. 2012. *Augmented reality - the reality in virtuality*. Dostopno prek: <http://technopits.blogspot.com/2012/04/augmented-realty-extension-to-virtual.html> (29. avgust 2013).
44. TED. 2012. *TEDxMongKok -- Tomi Ahonen -- Augmented Reality - the 8th Mass Medium*. Dostopno prek: <http://tedxtalks.ted.com/video/TEDxMongKok-Tomi-Ahonen-Augment> (29. avgust 2013).
45. Thomes, Chris. 2010. *New Perceptions: Augmented Reality as Entertainment*. Dostopno prek: http://www.producersguild.org/?page=augmented_reality (29. avgust 2013).
46. *Tokyo Shoseki*. Dostopno prek: <http://www.tokyo-shoseki.co.jp/books/miraikei> (29. avgust 2013).

47. Tomi Bin, Azfar in Dayang Rohaya Awang Rambli. 2011. A Conceptual Design for Augmented Reality Games Using Motion Detection as User Interface and Interaction. *Visual Informatics: Sustaining Research and Innovations*, ur. Halimah Badioze, Zaman, Peter Robinson, Maria Petrou, Patrick Olivier, Timothy K. Shih, Sergio, Velastin in Ingela Nyström, 305–315.
48. Villagomez, Gianpierre. 2011. *Augmented Reality*. Computer Vision, University of Kansas. Dostopno prek: http://www.ittc.ku.edu/~potetz/EECS_741_Fall10/Lectures/Projects/03.pdf (29. avgust 2013).
49. Yovcheva, Zornitza, Dimitrios Bahalis in Christos Gatzidis. 2012. Overview of Smartphone Augmented Reality Applications for Tourism. *e-Review of Tourism Research (eRTR)* 10 (2): 63–66.
50. Yu, Donggang, Jesse Sheng Jin, Suhuai Luo, Wei Ali, Qingming Huang. 2010. A Useful Visualization Technique: A Literature Review for Augmented Reality and its Application, limitation & future direction. *Visual Information Communication*, ur. Mao Lin Huang, Quang Vinh Nguyen in Kang Zhang, 311–337.
51. Yuen, Steve Chi-Yin, Gallayanee Yaoyuneyong in Erik Johnson. 2011. *Augmented Reality: An Overview and Five Directions for AR in Education*. *Journal of Educational Technology Development and Exchange* 4(1), 119–140.
52. Zhou, Feng, Henry Been-Lirn Duh, Mark Billinghurst. 2008. *Trends in Augmented Reality Tracking, Interaction and Display: A Review of Ten Years of ISMAR*. Dostopno prek: http://ir.canterbury.ac.nz/bitstream/10092/2345/1/12613246_2008-Trend-inAugmentedRealityTrackingInteractionandDisplayARReviewofTenYearsofISMAR.pdf (29. avgust 2013).

