

NAVIDEZNA RESNIČNOST KOT PROCES REALNE IZKUŠNJE PRI LIKOVNI UMETNOSTI

VIRTUAL REALITY AS A PROCESS OF REAL EXPERIENCE (AUGMENTED REALITY) IN ART EDUCATION

Ključne besede

likovna umetnost; prostorsko oblikovanje in arhitektura; novi mediji in obogatena resničnost; izkušenijsko učenje; didaktična sredstva in pripomočki

Key words

Art; architecture and spatial design; new media and augmented reality; experiential learning; didactic means and aids

Izvleček

Prispevek predstavlja temelje in koncept novomedijskega pripomočka za poučevanje prostorskega oblikovanja oziroma arhitekture v osnovni šoli ter obravnava interakcijo in podoživljanje navidezne resničnosti ob uporabi tako imenovane tehnologije obogatene resničnosti.

Rezultati raziskave so pokazali, kako uporaba novih medijev pri prostorskem oblikovanju učinkuje na kognitivne, afektivne in psihomotorične vidike otrokovega likovnega izražanja. Učenci, ki so v učnem procesu na področju prostorskega oblikovanja oziroma arhitekture uporabljali novomedijski učni pripomoček, so bili uspešnejši (v ustvarjalnosti, razumevanju, izražanju, tehnični dovršenosti, motivaciji in odnosu do okolja) kot učenci, ki so delali po tradicionalnih učnih metodah in oblikah. Poleg tega so izkazali tudi boljši odnos do likovnega izražanja in večje zadovoljstvo.

Za kakovostno izkušnjo je bistven vmesnik, preko katerega uporabnik komunicira z novimi tehnologijami. Vmesnik med človekom in računalnikom omogoča interakcijo med uporabnikom in novomedijskimi orodji. Preko vmesnika poteka komunikacija programskega jezika z zunanjim realnim izkušenijskim svetom, v katerega sodi posameznik.

Abstract

The article presents the foundations and the concept of a built model constructed as a device for using new media at elementary schools in teaching spatial design and architecture, and as such an interaction and visual immersion into virtual reality by using the augmented reality technology.

The results showed how the use of new media in the interior design affects the cognitive, affective and psychomotor aspects of a child's artistic expression. Students who used new media in the learning process in the field of spatial design and architecture, have been more successful (in creativity, understanding, expression, technical perfection, motivation and attitude towards the environment) than students, who worked with traditional teaching methods and forms. Moreover, they also proved a better attitude towards artistic expression and greater satisfaction.

An interface through which the user interacts with the new technology is essential for a quality experience. The concept of human-computer interface represents the interaction between the operator and the computer – the machine and new media. The interface represents a programming language communication with external real experiential world, in which individual's entity belongs.

UKD 71:004.946
COBISS 1.01
Prejeto 17.06.2016

Doc. mag. Tilen Žbona

Univerza na Primorskem

1. Uvod

Oblika in uporaba novih tehnologij znotraj likovne umetnosti se v samem zgodovinskem modusu zelo prepletata in dopolnjujeta na večplasten način. Tako imamo vrsto ustvarjalcev, ki z novimi tehnologijami ustvarjajo in poustvarjajo lastne kreacije in umetnine.

Preko novih tehnologij lahko z novimi mediji neposredno izboljšamo vizualno pismenost in udejanjimo v prakso različne izkušnje procesov dela. To pa lahko prestavimo v različna delovna okolja, na primer v pouk likovne umetnosti, pri katerem je treba vsebine osmisлити ciljno in strukturirano.

V dobi vsakdanje uporabe informacijskih tehnologij in tako tudi pri pouku likovne umetnosti je upravičena težnja k obvladovanju novomedijskih pripomočkov. V sodobni arhitekturni praksi je raba računalnika in novih medijev že povsem uveljavljena. Novi mediji in sodobna tehnologija omogočajo celovit in inovativen način izvajanja različnih likovnih nalog ter seznanjajo s sodobno arhitekturno prakso. Informacijsko-komunikacijske tehnologije oziroma novi mediji nam tako omogočajo, da se vsebinsko opredelijo namen, struktura in cilj procesa izkušnje. Novi mediji so interaktivni mediji, v katere lahko uporabnik posega in z njimi ustvarja.

2. Teoretična izhodišča novomedijske izkušnje v konceptu umetniške prakse

Narvika Bovcon zapiše: "Na ekranu v galeriji je fotografija krajine, obiskovalec pa je povabljen, da jo kar s prstom po ekranu prebarva z izbranim odtenkom" [Bovcon, 2009: 9]. Pri tem Bovcon opisuje projekt Sreča Dragana Opus Canum (1997), s katerim injicira slovenski prostor z na novo postavljenimi načeli produkcije in podoživljanja umetnosti. Njegovo umetniško delo tako izpostavlja recepcijo novomedijskih umetnostnih instalacij in reorganizira podoživljanje uporabnika oziroma obiskovalca in izvajalca.

Oliver Grau med izjemne primere novomedijskega umetniškega artefakta uvršča projekt umetnice Charlotte Davis Osmose. Njeno delo temelji na virtualni prostorski 3D-simulaciji, ki je sestavljena iz abstrahiranih podob razvejanega drevesa. V njem

uporabljene vsebine mineralov in vegetacij v prostorskih modulih in tekstovnih vizualizacijah tvorijo pionirski pristop k podoživljanju in doživanju interaktivnega okolja, v katerem se uporabnik potopi v izkušnjsko konkretizacijo reprezentacijske slike [Grau, 2003].

Z aktualno AR-tehnologijo (angl. augmented reality – AR, obogatena resničnost) se katarza eksploatacije konteksta vsebine na nivoju navidezne resničnosti v odnosu do uporabnika pojavi kot prispevek pri uporabi novih medijev in interaktivnih vsebin. Navidezna resničnost je po mnenju Oliverja Graua [2003] ključ do medijske ponazoritve, ki tvori karakter in kakovost interakcije z vsebino (mišljeno v kontekstu njegove študije projekta Osmose). V korelaciji do pedagoške prakse tak pristop ob uporabi AR-tehnologije kot računalniškega vmesnika razčlenjuje učenceve dražljaje na večstopenjski ravni v odnosu do vizualizacije virtualnega prostora. Tako zvok kot slika ali 3D-vizualizacija so pomembni faktorji kognicije pri vsebinskih sklopih na predstavitvenostvarni ravni [Grau, 2003: 198].

Vmesnik med človekom in računalnikom (angl. human-computer interface) omogoča interakcijo med uporabnikom in računalnikom s tako imenovanim vhodno-izhodnim (angl. input-output) sistemom, pri čemer ukaz z miško ali tipkovnico sproži prikaz na monitorju.

Tovrstna nomenklatura se uporablja, dokler se računalnik dojemata na nivoju pisalnega stroja, kot je to denimo bil Applov namizni osebni računalnik Macintosh iz leta 1984. S takim sistemom lahko posegamo v besedilo s parom ukazov kopiraj in prilepi (angl. copy and paste) in aktivno manipuliramo z vsebinami. V devetdesetih letih se pristop k računalniku spremenil z uvedbo interneta, ki je omogočil pošiljanje vsebin preko spleta in manipulacijo na univerzalni ravni [Manovich, 2005].

Tako postane novomedijski vmesnik nosilec vsebin, s katerim lahko na poliedričen in interaktiven način vstopamo v različne vsebinske sklope, ki so numerološko kodirani (računalnik, zgoščenka, digitalni fotoaparati, digitalna kamera, skener ...).

Z njimi lahko operiramo in manipuliramo na razne načine, tako kvalitativno kot kvantitativno. Posegamo lahko neposredno po celotnem vsebinskem sklopu. Variabla, ki se odraža v novih medijih in udejanji preko računalniškega vmesnika, zaznamuje klasične nosilce medijev kot mehanske. Z industrializacijo izvirnika lahko tako reproduciramo vsebino in ustvarjamo duplikate, ne moremo pa predstavljenih vsebin spreminjati z variablami različnih oprijemov. Novi mediji so torej vsebine, ki so bile ustvarjene s pomočjo računalnika ali sestavljene iz digitaliziranih vizualizacij, oblik in vsebin. So numerološke reprezentacije in matematične formule.

Manovich [2005] izpostavi predvsem dve posledici uporabe novih medijev: novomedijsko sredstvo opredeli formalno matematično na način, da se lahko podoba ali oblika numerološko opiše; novi komunikacijski medij opisuje kot nekaj, kar je izpostavljeno algoritemski manipulaciji.

Bovcon [2009: 41] opisuje povezavo umetnosti z novimi tehnologijam s tezo, temelječo na Bourriaudovih ugotovitvah: "Glavni rezultati informacijske revolucije so danes pri umetnikih, ki ne uporabljajo računalnikov." Pri tem s kronološko raziskavo zgodovinskega razvoja računalniške znanosti in uporabe novih tehnologij v umetnosti poudari, da je v obdobju po drugi svetovni vojni najbolj plodno razmišljanje tistih umetnikov, ki novih tehnologij niso izpostavljali kot tehnike. Po Bourriaudovem prepričanju je naloga umetnosti ozaveščanje o produkcijskih metodah in medčloveških odnosih, ti pa so posledica tehnologij. Za umetnika je tehnologija pomembna zgolj kot iniciator učinka, operacionalnega realizma, tj. premeščanja učinkov tehnologije, in ne kot odslikavanje realnosti ali kot ideološki instrument ustvarjanja novih kreacij [Bovcon, 2009].

"Video je bilo novo področje v likovni umetnosti, ki ga je z razvojem audiovizualne tehnologije ustvarilo dvajseto stoletje" [Dragan, 2014: 31]. Dragan prikazuje video kot medij, ki ga določa elektronska podoba, to pa dojema kot kompleksnejšo umetniško zvrst v primerjavi s slikarstvom. Ponazoritev videa kot umetniškega

sloga se giblje med različnimi poli, tako zaznamo participacijo na ravni področja likovne ustvarjalnosti, področja televizijskih spotov, filmske umetnosti in hepeningov [Dragan, 2014].

Tako se video razvija iz smeri modernizma, ki je sproduciral avantgardo kinetične umetnosti, med začetnike katere sodi Marcel Duchamp. Zanj je bilo značilno, da upošteva slikarstvo in umetniške uprizoritve po zgodovinskem kontekstu narave razvoja in jih uporablja v svoji kinetski ponazoritvi v linearnem modusu, sukcesivno postopa v času nastajanja gibljivih podob v korelaciji prostora in časa, torej ne posega v vsebino posredovane informacije na poliedričen način, temveč je vezan na faktor časovne in prostorske premice [Dragan, 2014].

Za predhodno manifestacijo digitalnega ustvarjanja lahko štejemo prve umetniške stvaritve z uporabo mehanskih strojev in analognih računalnikov iz petdesetih let 20. stoletja. Kot eno izmed prvih elektronskih umetniških del velja delo umetnika Bena Laposkyja Oscillon 40 iz leta 1952. Laposky je uporabil osciloskop, pri čemer je z modulacijo elektronskih valov manipuliral podobo na ekranu osciloscopa. Tovrstna dela lahko štejemo za pionirske digitalne umetnine (Victoria and Albert Museum, 2016).

Med slovenske pionirje digitalnega ustvarjanja lahko uvrstimo Edvarda Zajca, rojenega v Trstu leta 1938. Zajec velja za enega pomembnejših predstavnikov računalniške umetnosti. Zajčev izmenični stik tako z ameriško kot slovensko umetniško sceno zaznamuje njegov pristop k ustvarjanju tako z elementi konstruktivizma in neoplasticizma kot z elementi avantgardističnega izraznega značaja [Safred, 2007].

Srečo Dragan, pomemben akter in eden od iniciatorjev novomedijske umetnosti v srednjeevropskem prostoru, izhaja iz konceptualnih in medijskih praks v šestdesetih letih 20. stoletja. Deloval je tudi kot član skupine OHO ter sodeloval s teoretikom in novomedijskim umetnikom Petrom Weiblom. V tandemu z Nušo Dragan je posnel prvi video na področju nekdanje Jugoslavije z naslovom Belo mleko belih prsi (1969).

To delo sodi med video instalacije, saj se akter v videu odziva na podobe znotraj videa samega. V videu smo soočeni s fotogramom, na katerem je intervencija, ki izpisuje konceptualne sheme relacij iz skupinske komunikacije pred podobo, skladno s konceptom vzpostavljanja relacij v komunikaciji [Bovcon, 2009].

Na 8. mednarodnem festivalu novomedijskih umetnosti Pixelpoint v Novi Gorici leta 2007 je Srečo Dragan predstavil svoj projekt Tehnoperformans 07 v obliki triptiha konceptualnih dispozitivov: Metaforične razširitve, Metamorfoza lingvistika in Metaforične preslikave. Dogodek je bil opredeljen kot tehnopening, v katerem udeleženec ponotranji dražljaje interakcije in je neposredno udeležen v umetniškem pojavu. Projekt vabi gledalca, naj poseže v interaktivno instalacijo in podoživlja umetnino v treh modusih: izbira slike; povezuva pojmov iz internetne zbirke, ki jih računalnik poveže v stavke; vzpostavitev interakcije z gledalcem na podlagi detekcije njegovega pogleda z računalniškim vidom. Tako gledalec stopi v interakcijo z umetnino na podlagi prepoznavanja podob z računalniškim vidom in mikrofonskega zaznavanja zvoka ter postane akter novomedijske instalacije [Bovcon, 2009].

Projekt Morfing 5.2/Morphing 5.2 obravnava srečanje dveh subjektov – avtorjev Tilna Zbone in Valentine Meli – ter njenega medsebojnega opazovanja z različnih zornih kotov (slika 1). Točka zornega kota kot izvor vsebine in interpretacije na osebni ravni deluje kontrolirano in usmerjeno. Zavedanje podobe in prostora je obojestransko. Kulturna raznolikost, ki ju povezuje s prostorom in časom, podaja smernice raziskave, ki jih preko izvornih kod prevajata v neminljive podobe in zapise v digitalne medije. Tako novi mediji, črpajoč iz dejstev in reinterpretacij, ustvarjajo iluzorne ikonične nove podobe, generirane v virtualnem prostoru in uprizorjene na zaslonu in projekciji. Transformacija in hkratno dekodiranje dejanj, na primer digitalni zapis giba in različne mimike obraza, uprizorjenega tako na video izsekih kot v video segmentih, je očiten proces, ki udejanji pojav v oprijemljiv, čuten in viden artefakt [Žbena, 2014].

Strehovec slikarstvo opredeljuje kot medij, s katerim umetnik ustvarja in v katerega lahko posega. Klasično umetniško delo dopušča povsem subjektivno dekodiranje vizualnih informacij in interpretacijo del. Na podlagi teorije fenomenološke estetike se izpostavi stališče naivnega empirizma, izključitev interesov empiričnega jaza, to pa predstavlja razliko med klasičnim umetniškim delom s shematsko vizualizacijo ter možnostjo razgraditve umetniškega artefakta na različne plasti in področja, ki sodelujejo na dveh področjih, realnem in irealnem (virtualnem) [Strehovec, 2003].

Nasičenost informacij tvori različne značaje, vsebine in oblike. Komunikacija z estetizacijo vsebin preko digitalnih medijev je izpostavljena relevantnosti iskalca – uporabnika, ki je sam deležen specifične omrežnih besedil in oblik ter povezovanja digitalne besedilnosti, ki temelji na povezovanju v realnem času in obvladuje tako pretekle pojave kot načrtovanje prihodnosti znotraj digitalnih skupin medmrežnega pojava. V odnosu do umetniških stvaritev ob uporabi novih medijev smo deležni aktivnega potapljanja v medij in aktivne participacije oblikovanja umetnih podatkovnih kibernetskih svetov [Strehovec, 2003].

V trenutku, ko realno definiramo z zornega kota novomedijskega pripomočka in določimo zaslon za vmesnik navidezne resničnosti, nam sam okvir zaslona poda vlogo tistega elementa, ki ločuje realno od nerealnega. Po Barthesovi teoriji nam razmerje med definirano okolico in zaslonom poda nove koncepte percepcije resničnosti in redefinira realnost na dveh nivojih: fizična realnost prostora, v katerem se nahajamo, in navidezna resničnost, ki jo omeji in razmeji zaslon z digitalno vsebino [Manovich, 2005].



Slika 1: Tilna Žbena in Valentina Meli, Morfing 5.2 (pogled 1), interaktivna instalacija, Mestna Galerija, Ljubljana, 2007. Vir: Tilna Žbena.
Figure 1: Tilna Žbena and Valentina Meli, Morfing 5.2 (view 1), interactive installation, City Gallery, Ljubljana, 2007. Source: Tilna Žbena.

2. Konkretna izkušnja in prostorsko dojetanje

"Likovno izražanje je v neki starosti eden najbolj naravnih, običajnih načinov izražanja. Učitelj lahko z likovnim izražanjem na originalen in nevsiljiv način vzpostavi odnos z učenci, hkrati pa dobi vpogled v nekatere značilnosti učencev" [Tacol, 1999: 57]. Učitelj lahko tako pri otroku spozna motorično zrelost, različne stile psihomotoričnega izražanja, posebnosti tematskega in emocionalnega doživljanja ter dobi vpogled v zmožnost zaznavanja, likovnega mišljenja, spomina in fantazije. Likovne rešitve oziroma izdelki nakazujejo razvoj osebnosti ter odražajo učenčeve želje in potrebe.

Po sedmem letu starosti se otrokov likovni razvoj stopnjuje proti večji objektivnosti likovnega izražanja in se tako vse bolj razlikuje od značilnosti likovnega izražanja mlajših otrok. Zato se tudi dejavnosti pri likovni vzgoji na predšolski stopnji in v osnovni šoli razlikujejo [Vrlič, 2001].

"Igra nastaja kot notranja otrokova potreba po gibanju, dejavnosti in delovanju. Otroka ni treba ne učiti in ne spodbujati k igri, omogočiti pa mu moramo, da se svoji starosti primerno igra. V igri razvija različne sposobnosti, hkrati pa si pridobiva izkustvo. Tudi posamezne dispozicije se ne morejo same po sebi razviti v sposobnosti. Potrebni so ustrezni vplivi okolja in otrokova lastna kreativnost" [Tomšič Čerkez, Zupančič, Skubic, 2011: 15]. Na ta način se otrokov celostni osebnostni razvoj izgrajuje z izkustvi, ki jih doživlja prek igre. Tomšič Čerkez pravi, da se otrok z igro razvija v najširšem pomenu in pridobiva tudi nova izkustva. Poudarja tudi pomembnost vpliva igre na razvoj otrokove domišljije in izvirnosti, ko med igro povezuje dejavnosti in lastnosti, ki dejansko niso nujno povezane. Otrok tako spodbuja in razvija domišljijo ter se z lastnimi željami in potrebami izraža oziroma osebno izživlja. Otrokove moči so v njegovi starosti še šibke, duševna moč se ni na nivoju odraslega človeka, zato se še ne more udeleževati življenja odraslih, ki so prisotni ob njem. Domišljija mu v neki meri lahko omogoča tudi izpolnitev takih želja in s tem vpliva na obliko in igralno dejavnost [Tomšič Čerkez, Zupančič, Skubic, 2011: 17].

Tacol [1999: 19] razlikuje tri temeljna področja osebnosti, ki tvorijo celovit osebnostni razvoj otroka: spoznavno, afektivno in psihomotorično. Naloga učitelja je čim bolje spoznati posamezna področja. Celoto duševnih, vedenjskih in telesnih značilnosti otrokove osebnosti bi po klasični metodi razdelili na duševni in telesni del. Telesni razvoj je odvisen od telesnega in umskega dela, pri čemer se upoštevajo lastnosti osebnosti. Učenčevo umsko delo se nanaša na znanje, poznavanje, razumevanje in uporabo, kot tudi na višje mentalne procese kognitivne narave. Umsko delo je odvisno od občutenja, volje, zagretosti, navdušenja, interesov ter čustvene povezave s pojavi in osebami [Tacol, 1999: 19].

Izkušnjo tvorijo različni načini spoznavanja in konstruiranja realnosti. Kot ugotavljajo Tomšič Čerkez, Zupančič in Skubic [2011: 25], izkušnja implicira zmožnost učenja iz stvari in dogodkov. Aktivnost je angažiranje na osnovi doživljanja, pri čemer ne spoznamo nobene stvari same po sebi, spoznamo realnost okrog nje. Pravi stvarni zunanji svet spoznamo kot izkušnjski konstrukt, torej kreacijo čustev in misli. Izkušnja je na ta način usmerjena v zunanji svet v razmerju z delovanjem danih razmer in na njih temelječe ustvarjalnosti [Tomšič Čerkez, Zupančič, Skubic, 2011: 25].

"Vidim predmet. Vidim svet okoli sebe" [Arnheim, 1997: 42]. Stanje oziroma pojav videnega določi in doda vlogo vsakodnevnih izkušnji praktične orientacije v prostoru, zavesti in potrjevanju, da se določen predmet dejansko nahaja v danem prostoru. Arnheim [1997: 43] obravnava obliko kot nekaj, kar zaznavamo na očesni ravni v odnosu do vizualizacije oziroma podobe, ta pa nam posreduje informacijo v možgane v obliki konteksta, ki ga oblika podobe sama po sebi predstavlja. Na ta način Arnheim opredeli konfiguracijo, pri čemer razglablja tezo o nastanku fizičnega predmeta prav tam, kjer se določijo meje predmeta v odnosu s prostorom. Konfiguracija na ta način ne določa abstraktnega intelektualnega mišljenja, temveč direktno izkušnjo podoživljanja zaznane oblike na osnovni ravni percepcije. Arnheim kot primer podaja eksperiment s šimpanzom in dvoletnim otrokom,

ki razvojno še ni na nivoju intelektualnega abstrahiranja, v katerem sta tako otrok kot šimpanz bila sposobna prepoznati škatlico s predpostavljeno obliko trikotnika. Ta zaznava je bila naučena z navajanjem na izbiro določene oblike v odnosu do nagrade (v škatlici se je nahajala slaščica). Tako je otrok bil sposoben ločiti trikotnik od drugih oblik, trikotnik je prepoznal tudi v situacijah, kjer je bil povečan, pomanjšan ali obrnjen v različne smeri.

To videnje rezultatov eksperimenta preobrne temelje dosedanje teorije percepcije, ki je upoštevala dojetanje procesa oblike od detajla pa do splošne, celotne oblike. Gre namreč za dojetanje večjih površin oziroma oblik, katerih detajli se profilirajo kasneje. Zaznava torej ni plod intelektualnega abstrahiranja mentalnega procesa, temveč direktna izkušnja v osnovni zaznavi na individualni ravni subjekta [Arnheim, 2006: 58–59].

Prostor zaznamo in izkusimo, ker se v njem gibljemo, nekako definiramo trajektorije v koordinatnem sistemu, v katerem se gibljemo. Dejansko nam predmeti, njihove trajektorije in razdalje – upoštevajoč faktorje časa – definirajo in osvestijo prostor. Poglobitev v izkustvo "prostornosti" vida, tipa, vonja, okusa in senzibilnosti kože obogati razumevanje sveta ter njegov geometrijski in prostorski značaj [Tomšič Čerkez, Zupančič, Skubic, 2011: 25].

Upoštevajoč občutek izkušnje kot širšega zavedanja realnosti okoli nas, je posameznik tesno povezan v korelaciji prostora in časa. Na podlagi udov, ki jih posedujemo, in premikanja z njimi v prostoru se nam skozi čas rojevajo nove izkušnje. Tako čas kot prostor sta pogoj za doživljanje izkušenj. Zavedanje izkušnje kot pojma ločenih dimenzij med prostorom in časom je zgolj nuja in potreba po merjenju in ovrednotenju vsakodnevnih pojavov, ki krojijo način življenja sodobne družbe. Tako razdaljo, prepotovano z avtomobilom, običajno izražamo v časovnih in ne dolžinskih enotah. Na ta način izdelamo lastno predstavo realnosti v odnosu med prostorom in časom [Tuan, 2001: 118].

Butina [1997: 35] predstavlja francoskega publicista Victorja Faxela, ki v reviji *Realites* opisuje lastno doživetje z rokami.

Pravi, da z umom spoznamo svet le polovično, preostanek pa z rokami. V kontekstu tipa, roke, neposrednega izkustva kognitivnega podaljška in spoznavanja predmeta prek dotika francoski publicist opisuje lastno izkušnjo odkritja lastnega taktilnega občutka. Odkril je, da lahko le z izkušnjo fizičnega dela najprej odkrije lasten ud in stanje odrevenosti prstov, ki jih je treba ponovno oživiti. Fixel opisuje primer, ki ga je doživel pri mizarju, ko je naročil polico. Mizar je z roko tipal, gladil, iskal, izbiral, skratka analiziral ravnino površine deske, ki bi bila primerna za polico. Fixel opisuje, da so mizarjeve roke čutile, vedele oziroma mislile. Na ta način opisuje, kako le z izkustvom spoznamo in urimo lastne ude.

Na podlagi čutov, ki imajo svoje možnosti določene s fizikalno komponento, Butina [1997: 43] čutne zaznave artikulara v štiri razrede: intenzivnost, kvaliteta, prostor in čas. Tako opredeli glavne atribute čutne izkušnje. Za vsak čut je značilna neka intenziteta dražljaja, pod katero dražljaj ni zaznan in nad katero občutek ne raste več, ter sposobnost zaznavanja razlik med dražljaji različne intenzitete. To so pragovi, pri čemer je absolutni prag najmanjša intenziteta dražljaja, ki je potrebna za občutenje dražljaja, diferencialni prag pa je najmanjša razlika v intenziteti dveh dražljajev, ki jo je mogoče občutiti.

Arnheim [2006: 59] opisuje fizično obliko predmeta kot nekaj, kar je opredeljeno z razmejitvijo obrisov predmeta samega, kot skrajno mera lista, na katerem sloni, površino, ki omeji stranice in pripadajočo bazo, iz katere je recimo sestavljen konus. Tako na način konfiguracije opredeli lastnosti, ki predstavljajo fizični objekt. Torej konfiguracija ne določa pozicije, bližine ali oddaljenosti predmeta, temveč zgolj lastnosti fizične zgradbe predmeta samega. Ne glede na fizične lastnosti predmeta se lahko njegova percepcija spreminja samo na podlagi prostorske orientacije ali ambienta, v katerem se nahaja.

3. Uporaba novih medijev v praksi (konstrukcija, metoda in delovno okolje)

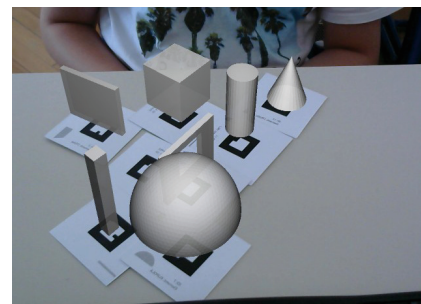
Novi mediji kot tehnološki pripomoček v praksi likovnega izražanja temeljijo na uporabi računalniškega sistema. Metoda interakcije z novimi mediji

omogoča dostopanje do vsebin, ki so numerološko kodirane in algoritemsko zapisane. Do takih vsebin lahko dostopamo poliedrično in z njimi manipuliramo. Če bi želeli predstaviti znanost preko občutkov, bi bilo to naravno storiti v tehnološkem muzeju. Obiskovalcu bi tam predstavili razne tehnološke napredke, aplikacije in pripomočke iz 20. stoletja. Znanosti bi se bilo tam mogoče dobesedno dotakniti. V veliki večini so se teoretske podlage znanosti naselile na neki način tudi v muzejske prostore, kjer znanstveniki želijo na ambiciozen način predstaviti svoje najboljše dosežke in relevantnosti.

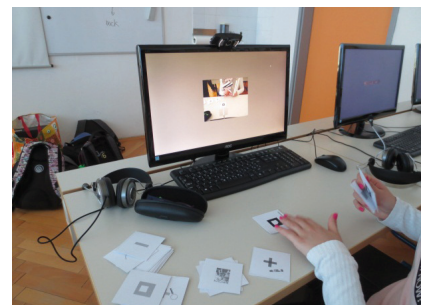
V razstavnem prostoru znanstvenega muzeja bi tako obstajal kustos, ki bi ga lahko poimenovali znanstveni koordinator. Razstava znanstvene in umetniške narave pa bi omogočala primerjavo znanosti in umetnosti, ki ju ni mogoče zares ločiti. Pri taki razstavi bi lahko rekli, da se oblikuje kombinacija didaktik obeh ved in tudi muzejske pedagogike. Pri tem se uporabljajo sestavljeni modeli prikaza različnih eksperimentov in uveljavljenih teorij [Stoltzner, 2005: 7].

Strehovec [2003: 71] odpira poglavje o novih medijih in medmrežju z vprašanjem tehnomodulirane in profilirane zaznave, v katero umesti tudi umetnost kot področje, na katerem se ostrijo človeški čuti. Pri tem izpostavlja nove umetniške usmeritve, ki drzno stimulirajo različne zaznave. Prikaže novo področje zaznav, ki je pogojeno z uporabo novih medijev in dostopanjem do pojavov, ki jih definira kot skorajda nemogoče, nenaravne in sintetične. Korelacijo z umetnostjo, novimi mediji in zaznavo prepleta s srečevanjem uporabnika s kibernetiko umetnostjo instalacij in spletnih projektov. Navidezno resničnost, umetniško stimulacijo povezovanja preko novih medijev in različne oblike stimulativnih zaznav novomedijskih pojavov opredeli v različne vsebinske zvrsti in definira nove oblike zaznav. Postavitev uporabnika novih medijev v navidezno resničnost in njeno okolje odpira opazovalcu nov pogled. Postavljen je v negotov položaj, koordinatni sistem, ki definira pozicijo uporabnika, je sedaj odvisen od poglobitve v medij. Negotovost pri izbiri načina poglobljanja v medij je odvisna od izbire slike ali potopitve v navidezno resničnost.

Slika 2: Slika zaznanih markerjev s 3D-izrisi virtualnih modelov. Vir: Tilen Žbona.
Figure 2: Figure markers detected by 3D drawings of virtual models. Source: Tilen Žbona.

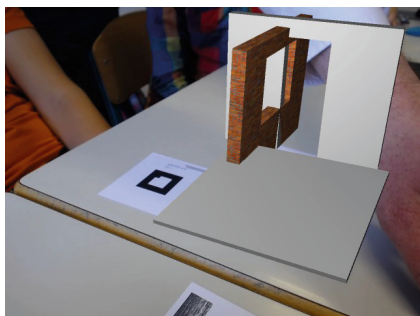


Slika 3: Rokovanje z markerji, zaznanimi z računalniškima vidom. Vir: Tilen Žbona.
Figure 3: Handling of markers detected by the computer vision. Source: Tilen Žbona.



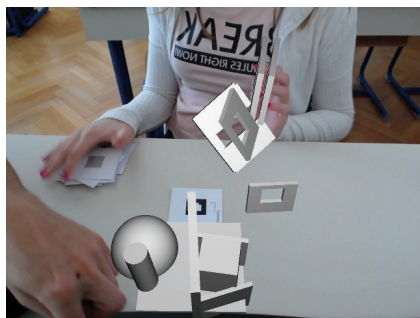
Slika 4: Prostorska tvorba, ki je sestavljena na podlagi navidezne resničnosti, z dodeljeno teksturo, sproženo preko markerja obogatene resničnosti. Vir: Tilen Žbona.

Figure 4: The spatial formation constructed on the virtual reality basis with the assigned texture tripped over an augmented reality marker. Source: Tilen Žbona.



Slika 5: Grajenje in manipuliranje prostorske tvorbe z novomedijskim orodjem obogatene resničnosti. Vir: Tilen Žbona.

Figure 5: Building and manipulating of a spatial formation with augmented reality new media tools. Source: Tilen Žbona.



Slika 6: Zgrajena stavbna konstrukcija z novomedijskim orodjem obogatene resničnosti. Vir: Tilen Žbona.

Figure 6: Built architectural design with new media augmented reality tools. Source: Tilen Žbona.



Pojavlja se nenehno vračanje k strukturi grafičnega zapisa na zaslonu, dvo- ali trirazsežni predstavitvi novomedijskih vsebin z videoprojektorjem, 3D-očali ipd. Pri zaznavanju in razumevanju podob po linearnem postopku – v primeru tekstov je akter bralec – nam novi medij ponuja izbiro hipertekstov, pri čemer bralec potuje v navidezni resničnosti in zazna besedila na različnih ravneh. Besedil ne spremlja in bere zgolj z leve proti desni in od zgoraj navzdol, temveč je postavljen pred dejstvo, da zaznamuje besede po nelinearnem postopku, bere v skokih k različnim delom besedila na različnih mestih in podstrane prikazane vizualizacije novomedijskega pojava, pri čemer upošteva prostorsko sintakso besedila. Poslušalec lahko spremlja glasbo in zvočne zapise z novim medijem, ki se predvajajo modularno in ponavljajoče ter so izpostavljeni poslušalčevi izbiri nabora in kontinuiteti predvajanja vsebine. Gledalec, ki ob lastnem premikanju pogleda na podlagi računalniškega vida spreminja pot in prikaz predstavljenih podob na zaslonu ali v umetniški instalaciji, sam kroji svojo pot branja predstavljene vsebine [Strehovec, 2003: 72].

Nove prostorske izkušnje s posredovanjem vsebin preko novih medijev odigrajo pomembno vlogo znotraj pedagoškega procesa. Pomembne so ne samo pri likovni umetnosti, temveč tudi v drugih kurikularnih vsebinah, kjer se operira z vizualnimi informacijami. V ta namen je treba koncipirati premišljeno in kakovostno uporabo tovrstnih orodji, ki omogočajo razvoj podoživljanja in branja podob na ravni vizualne informacije. Tak prijem potegne za seboj različne aktivnosti v šolskem sistemu, s katerimi vsakodnevno operiramo. Pomembno je razviti tovrstne kompetence upravljanja in podoživljanja novih tehnologij [Tomšič Čerkez, Zupancič, Skubic, 2011].

Hsiao in Chen [2011: 2–4] raziskujeta uporabo obogatene resničnosti v izobraževanju. Izhajata iz tega, da sta navidezna resničnost in obogatena resničnost potencial pri motivaciji, sodelovanju in raziskovanju učnih gradiv, ki potekajo med realnim stvarnim svetom in virtualnimi predmeti.

Kaufmann [2002] trdi, da je obogatena resničnost variacija navidezne resničnosti. Heim poroča, da lahko navidezna resničnost zagotavlja zmožljive in edinstvene informacije, na katerih temeljijo izobraževalne izkušnje [Heim 1998]. Ko so Rountree, Wong in Hannah [2002] raziskovali učinkovitost uporabe virtualnih predmetov za poučevanje klasične umetnosti v prvem letniku dodiplomskega študija, so ugotovili, da navidezna resničnost s prikazovanjem virtualnih podob zagotavlja visoko raven pozornosti ter omogoča koristna in učinkovita orodja za podporo vizualne pismenosti.

Virtualno učno okolje omogoča učencu večje število interakcij. Informacije, ki se nahajajo v realnem svetu, so nadgrajene z informacijami, posredovanimi z virtualnimi objekti in podobami. Učenec nadgradi lastno izkušnjo spoznavanja novih vsebin z navidezno resničnostjo [Kerawalla, Luckin, Seljeflot, Woolard, 2006]. Informacijsko-komunikacijska tehnologija se v izobraževanju uporablja že približno pol stoletja in znano je, da se z njo ustvarja široko polje učnih priložnosti. Različni znanstveni prispevki kažejo na to, da se navidezna resničnost kot implementiran člen informacijsko-komunikacijskih tehnologij predstavlja kot naprednejša tehnologija, ki omogoča uporabniku interakcijo in uporabo informacijsko-komunikacijske tehnologije na dveh nivojih, in sicer v realnem in virtualnem svetu. Informacijsko-komunikacijska tehnologija z implementacijo navidezne resničnosti prinaša izboljšave učnega procesa [O'Brien, Toms, 2005].

»Tipični nalogi, ki zahtevata prostorninske primitivne oblike, sta klasifikacija objektov in prepoznavanje objekta samega. Za enostavne naloge, kot je klasifikacija predmetov, na primer prijemanje, razvrščanje ali izogibanje objekta, zadostuje delno zaznavanje objekta, ki dodeli dovolj informacij za upravljanje z računalniškim vidom« [Solina, 1996: 214]. Tako se opredeli model delovanja znotraj raziskave, ki udejanja operacije na zaznavi aplikacij volumnskih modelov znotraj računalniškega vida.

4. Koncept izdelave učnega pripomočka

Vse več je zanimanja za uvedbo novomedijskega orodja v izobraževanje.

Trg računalniških iger, eden od največji trgov zabavne industrije, ki tekmuje s filmskim in je presegel knjižnega, se odziva in raste na podlagi lastnosti, kot so atraktivnost iger, interaktivnost in poglobitev v igro. Opazna je motivacija za uporabo iger, ki jo lahko razberemo tudi iz hitrih in kratkoročnih odzivov, interakcije ali utelešenja. Vse to lahko močno vpliva na izobraževalno okolje in učna sredstva.

Prednosti in nelagodnosti, ki jih lahko računalniška igra ali novi medij kot učno sredstvo generira, je več. Možni problemi so: zavrnitev, odpor, frustracija, visoki razvojni stroški, osiromašeni rezultati, pedagoško neučinkovito učno sredstvo. Učinkovite izobraževalne računalniške igre so tiste igre, ki so sestavljene iz kompleksnih programskih okolij in se navadno nahajajo v računalnikih. To, da se pedagoška igra nahaja v računalniškem okolju, že samo po sebi motivira študente, saj jim nudi priljubljeno izhodišče za igranje iger. Računalniške igre se lahko prilagajajo uporabnikovim možnostim. Nastavijo se lahko različne stopnje zahtevnosti, pri čemer je mogoče spremljati napredovanje uporabnika, glede na izkušnje, ki jih je do trenutka vpetosti v igro uporabnik doživel.

Cilj je umestiti uporabnika v ustrezno zahtevnostno stopnjo, na kateri s svojimi kompetencami obvlada situacijo in motivirano vztraja pri lastnem napredovanju.

Ključna ideja je, da se v polje računalniških iger umestijo in prilagodijo polja sinergije med vzvodom in ciljem, ki ga želimo doseči [Moreno-Ger, Burgos, Sierra, Fernández-Manjón, 2007: 247–248].

Jeffery in Currier [2003] sta vzpostavila specifikacije standarda IMS Learning Design (IMS LD), ki temelji na konceptualizaciji učnih scenarijev v novih medijih in e-okoljih, ki preko spleta omogočajo izmenjavo in uporabo različnih računalniških sistemov. IMS LD lahko opisuje najrazličnejše pedagoške modele ali pristope k učenju, tako skupinske kot sodelovalne. Standard ne definira jasnega pedagoškega modela, temveč zagotavlja visoko kvalificiran jezik ali metamodel, s katerim je mogoče opisati različne modele pristopa k učenju.

Ne definira določenega izoliranega modela, je pa jezik, ki opiše, kako uporabnik opravlja dejavnost iz virov ter orodja in storitve. Sistem koordinira, kako povezati in izpeljati pretok učenja.

Struktura IMS LD razčlenjuje učna gradiva in storitve, s čimer se lahko učna gradiva pojavijo v različnih scenarijih, scenariji pa lahko tvorijo nove storitve. IMS LD se opira na različne elemente: vloge uporabnika, dejavnosti, ki jih izvaja, in okolja (kje, kako in s kakšnimi cilji). IMS LD je koncipiran na sistemu jezika za modeliranje v izobraževanju (angl. educational modelling language), razvit pa je bil na Open University of the Netherlands (OUNL).

Raba novih medijev omogoča učencu celovit vpogled v prostorsko oblikovanje. Učenec lahko ob ugotavljanju razmerij med različnimi elementi posega v časovno premico, velikosti, oblike in lastnosti. Z novimi mediji premika, pomanjšuje ali povečuje tridimenzionalne objekte ali jih zamrzne in shrani v računalniškem sistemu.

Z raziskavo želimo ugotoviti, v kolikšni meri bo sredstvo, ki smo ga razvili za uporabo novih medijev, vplivalo na izvajanje likovnih nalog, učenčev ustvarjalnost, motivacijo, zadovoljstvo in razumevanje likovnih pojmov.

Izdelali smo tablice, ki kot vmesnik sprožijo naslednje pojave v novih medijih:

4.1. operacije z arhitekturnimi elementi:

- izdelava arhitekturnih elementov v 3D-izrisu,
- oblike sestavnih delov prostorov (lupina, strop, stene, tla),
- oblikovni elementi arhitekturnega prostora (zid, lok, steber, preklada, obok, kupola, kritina, odprtine

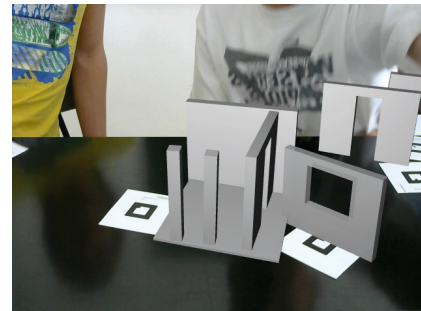
4.2. spremembe kvalitete elementov:

- spreminjanje materialov (fasada, kamen, opeka, les, steklo, pesek, barva);

4.3. kompozicijske operacije (manipulacija elementov preko kartic z računalniškim vidom).

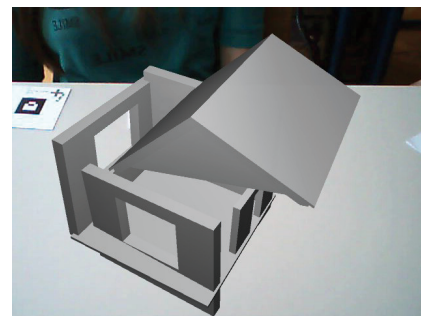
Slika 7: Grajenje prostorske tvorbe z virtualnimi arhitekturnimi elementi z novomedijskim orodjem obogatene resničnosti. Vir: Tilen Žbona.

Figure 7: Building spatial formation with virtual architectural elements of new media augmented reality tools. Source: Tilen Žbona.



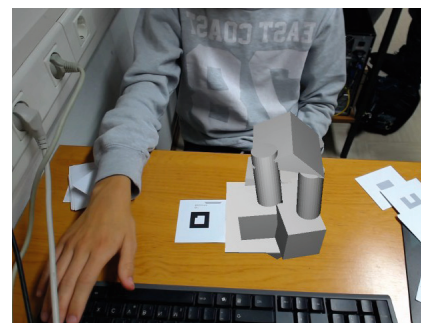
Slika 8: Primer kompozicije arhitekturne tvorbe z lebdečo streho. Navidezna resničnost nam omogoča zamrzniti 3D-modele v prostoru ali jih medsebojno prepletati brez fizičnih omejitev, ki smo jih navajeni v realnem svetu. Na tak način nam sistem dopušča grajenje kompozicijskih tvorb z novimi ustvarjalnimi rešitvami brez omejitev fizičnih lastnosti. Vir: Tilen Žbona.

Figure 8: An example of a composition of architectural formation of the floating roof. Virtual reality allows us to freeze 3D models in space or interlace without physical limitations that we're used to in the real world. In this way, our system allows building compositional formations with new creative solutions without the constraints of physical properties. Source: Tilen Žbona.



Slika 9: Primer kompozicije arhitekturne tvorbe z prepletenimi arhitekturnimi elementi. Vir: Tilen Žbona.

Figure 9: An example of the composition of architectural formations with interpolated architectural elements. Source: Tilen Žbona.



5. Izdelava aplikacije

V sodelovanju z Laboratorijem za računalniški vid pri Katedri za umetno inteligenco na Fakulteti za računalništvo in informatiko Univerze v Ljubljani smo v okviru diplomskega dela študenta Luke Debevca, pod mentorstvom profesorja dr. Franca Soline, izdelali pripomoček za manipulacijo z novimi mediji z računalniškim vidom, ki je služil kot instrument pri doktorski raziskavi z naslovom Uporaba novih medijev pri poučevanju prostorskega oblikovanja v osnovni šoli pod mentorstvom doc. dr. Beatriz Tomšič Čerkez.

Vsebina točk a–d v nadaljevanju tega poglavja je povzeta iz Debevčevega diplomskega dela [Debevec, 2014].

5.1. Zaznava in izdelava markerjev z uporabo knjižnice ARToolKit

V okviru novomedijskega orodja znotraj računalniškega vida so potrebni markerji, vzorci na tablicah (kartončkih), ki jih računalnik prepozna s pomočjo knjižnic in dodeljene identifikacijske številke (sliki 2 in 3). Program se izvaja v interakciji z vsakim dodeljenim vzorcem, ki kliče funkcijo znotraj programskega okolja. Ko program zazna vzorec, vrne matriko in jo uporabi za izris 3D-modelov [Debevec, 2014].

V računalniški grafiki so transformacije matrike uporabljene za geometrijske preslikave. Transformaciji skaliranje in vrtenje lahko izrazimo z operacijo matrike velikosti 3×3 nad tridimenzionalnim vektorjem, ki predstavlja koordinate točke v prostoru. Serijo takih transformacij lahko izrazimo z eno matriko, ki je zmnožek vseh transformacijskih matrik. Transformacije premik pa ne moremo predstaviti kot matriko velikosti 3×3 . Vektor točke se zato razširi v štiridimenzionalni vektor homogenih koordinat in uporablja transformacijske matrike velikosti 4×4 . Tako vse transformacije predstavimo v isti obliki, kar poenostavi računanje s transformacijskimi matrikami. V naši aplikaciji smo uporabili naslednje transformacije: premik, skaliranje in vrtenje [Debevec, 2014].

5.2. Izris 3D-modelov

V program sta naloženi dve vrsti datotek, ki omogočata izris 3D-objekta: obj., ki predstavlja ploskve in koordinatni sistem modela, ter .mtl,

v kateri se nahajata tekstura in način njene prilagoditve na model. Vsakemu modelu korespondira posamezen marker.

5.3. Grajenje z modeli

Aplikacija omogoča lepljenje objektov glede na markerje, ki aktivirajo 3D-objekt. Markerji se lahko tvorijo z dodajanjem 3D-objektov v kompleksno celoto. Z dodatnim ukazom se 3D-modeli zlepijo v eno celoto in odzovejo na dodeljeni marker, ki predstavlja zgrajeno celoto [Debevec, 2014].

5.4. Manipulacija z lastnostmi modelov

Aplikacija omogoča različne spremembe modelov oziroma tridimenzionalnih teles. Z markerji lahko sprožamo naslednje manipulacije [Debevec, 2014: 21]:

- skaliranje (\pm) po vse treh oseh,
- rotacija okoli dveh osi (x, z),
- odklik od izhodišča po vseh treh oseh (x, y, z),
- spreminjanje teksture (les, opeka, kamniti zid, steklo),
- ponastavitve.

6. Sklep

Raba novih medijev z računalniškim vidom omogoča uporabniku globoko potopitev v vsebinske sklope in jih izkušeniško zaznamuje ob uporabi vmesnika in markerjev. Namen aplikacije je med drugim spodbujanje ustvarjalnosti, motivacije, zadovoljstva in razumevanja likovnih pojmov ter razvijanje čutnega dojetja fizičnih elementov in podoživljanje virtualnega prostora.

Prednosti tovrstne novomedijske aplikacije so med drugim povratne informacije, možnost izbire stopenjskih nivojev, izkušeniško učenje, selektivno razvrščanje, operacije z informacijami na poliedričen način ter potopitev v vsebine po vertikali in horizontali.

Uporaba novih medijev pri prostorskem oblikovanju ima pozitivne učinke na kognitivnem, afektivnem in psihomotoričnem področju otrokovega likovnega izražanja. Učitelje želimo spodbuditi k uporabi novih medijev pri pouku likovne umetnosti in pričakujemo, da se bo to izkazalo kot primer dobre prakse. Izsledki raziskave dajejo tudi temelje za posodobitev učnega načrta likovne umetnosti.

Bibliography

- Arnheim, R. (2006). *Arte e percezione visiva*. Milano: Giugiaro Feltrinelli Editore. A History of Computer Art. <http://www.vam.ac.uk/content/articles/a/computer-art-history/> < October 12, 2014 >.
- Ben F. Laposky. Pridobljeno 9. januarja 2015. <http://dada.compart-bremen.de/item/agent/253> < January 9, 2015 >
- Biraghi, M. (2008). *Storia dell'architettura contemporanea*. Torino: Einaudi.
- Bovcon, N. (2009). *Umetnost v svetu pametnih strojev*. Ljubljana: Raziskovalni inštitut Akademije za likovno umetnost in oblikovanje v Ljubljani.
- Butina, M. (1997). *O slikarstvu; Likovno teoretični spisi*. Ljubljana: Debora Debevc, L.
- Dragan, S., Strehovec, J., Vecchiarelli, C., Cvijanovič, N., Vaupotič, A., Žbona, T. (2014). *Slika v mediju in digitalna tvorba*. Koper: Univerzitetna založba Annales.
- Debevec, L. (2014). *Aplikacija kot pripomoček za raziskavo uporabe novih medijev pri poučevanju prostorskega oblikovanja v osnovnih šolah*; Diplomsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za računalništvo in Informatiko.
- Duh, M. (1997/98). *Nekateri pomisleki pri organizaciji likovnovzgojnega dela ob računalniku v osnovni šoli*. *Likovna vzgoja*, 1(1/2), 12–15.
- Feyerabend, P. (2008). *Znanost kot umetnost*. Ljubljana: Založba Sophia.
- Grau, O. (2003). *From Illusion to Immersion*. London: The MIT Press.
- Hensel, M. (2008). *Morphogenetic Design Strategies*. London: Academy Press.
- Hensel, M. (2008). *Versatility and Vicissitude: Performance in Morpho-Ecological Design*. New York: Wiley.
- Karlararis, B., Kraguljac, M. (1981). *Razvijanje kreativnosti putem likovnog vaspitanja u osnovnoj školi*. Beograd: Institut za pedagoška istraživanja, Prosveta.
- Kuhl, J. (1986). *Motivation, thought and action*. New York: Praeger Publisher.
- Lister, M., Dovey, J., Giddings, S., Grant, I. & Kelly, K. (2003). *New Media: A Critical Introduction*. New York: Routledge.
- Lowenfeld, V. (1982). *Creativity and mental growth*. New York: Macmillan Publishing Co.
- Lynn, G. (2004). *Folding in Architecture (Architectural Design Profile)*. New York: Greg Lynn.
- Lynn, G. (2008). *Form*. Greg Lynn: London Rizzoli.
- Macchi, Cassia, V., Valenza, E., & Simion, F. (2004). *Lo sviluppo cognitivo. Dalle teorie classiche ai nuovi orientamenti*. Bologna: Mulino.
- Meštrovič, M. (2015). *Dekodifikacija subjekta in generativni dizajn*; diplomsko delo. Ljubljana: Fakulteta za Dizajn; pridružena članica Univerze na Primorskem.
- Manovich, L. (2001). *The Language of New Media*. Massachusetts: The MIT Press.
- Mugny, G., Carugati, F. (1987). *Psicologia sociale dello sviluppo cognitivo*. Firenze: Giunti Barbera.
- Muhovič, J. (2007). *Umetnost in izobraževanje za življenje med realnim in virtualnim*. *Sodobna pedagogika*, 58(3), 48–65.
- Nunes, J., Fowell, S. (1996). »Hypermedia as an experiential learning tool: a theoretical model«. *Information Research*, <http://informationr.net/ir/2-1/paper12.html> < April 26, 2009 >.
- Piaget, J. (2000). *Lo sviluppo mentale del bambino e altri studi di psicologia*. Torino: Giulio Einaudi editore s.p.a.
- Solina, F., Klette, R., Kropatsch, W. (1996) *Theoretical Foundations of Computer Vision*. Wien: Springer-Verlag.
- Smolin L., Kimberly L. (2008). *Information and Communication Technologies: Considerations of Current Practice for Teachers and Teacher Educators*. Chicago: Wiley-Blackwell. Steele J. (2001). *Architecture And Computers*. London: Laurence King.
- Strehovec, J. (2003). *Umetnost interneta*. Ljubljana: Janez Strehovec in Študentska založba, zbirka Koda.
- Tacol, T. (2003). *Likovno izražanje. Didaktična izhodišča za problemski pouk likovne vzgoje v devetletni osnovni šoli*. Ljubljana: Založba Debora.
- Terzidis, K. (2006). *Algorithmic Architecture*. New York: Architectural Press.
- Tomšič Čerkez, B. (2002). *O likovni izkušnji in procesu snovanja pri prostorskem oblikovanju*. *Likovna vzgoja*, 4(19/20), 37–51.
- Tomšič Čerkez, B. (2003). *Pojmovanje in oblikovanja prostora v luči sodobnih tehnologij*. *Likovna vzgoja*, 5(21/22), 35–43.
- Tomšič Čerkez, B. (2011). *Prostor igre*. Ljubljana: Založba UL PeF in UL FA.
- Virilio, P. (1994). *The Vision Machine*. Bloomington: Indiana University Press.
- Vrlič, T. (2001). *Likovno-ustvarjalni razvoj otrok v predšolskem obdobju*. Ljubljana: Debora.
- Zajec, E., Breda, Š., Grafenauer, P., Oh, J., Safred, L., Zajec, M. (2007). *Umetnik in računalnik: od začetkov do sedanjosti*. Ljubljana: Mednarodni grafični likovni center.
- Žbona, T., Možina, D., Petrovič, K., Debevec, L., Solina, F., Batagelj, B. (2014). *Uporaba novih medijev pri poučevanju prostorskega oblikovanja v osnovni šoli. Vzgoja in izobraževanje v informacijski družbi*. Ljubljana: Fakulteta za organizacijske vede in Institut Jožef Stefan.