

Univerzitet u Beogradu
Fakultet organizacionih nauka

Uroš Lj. Krčadinac

Dinamičko povezivanje i vizuelizacija
semantički anotiranog sadržaja

Doktorska disertacija

Beograd, 2016

University of Belgrade
Faculty of Organizational Sciences

Uroš Lj. Krčadinac

Dynamic Composition and Visualization of
Semantically Annotated Content

PhD Thesis

Belgrade, 2016

Mentor

dr Jelena Jovanović, vanredni profesor
Univerzitet u Beogradu
Fakultet organizacionih nauka

Članovi komisije

dr Vladan Devedžić, redovni profesor
Univerzitet u Beogradu
Fakultet organizacionih nauka

dr Zita Bošnjak, redovni profesor
Univerzitet u Novom Sadu
Ekonomski fakultet u Subotici

Datum odbrane

Dinamičko povezivanje i vizuelizacija semantički anotiranog sadržaja

Apstrakt:

Ljudska interakcija na Vebu sadrži emocije često nepristupačne računarima. Sa ciljem unapređenja, obogaćenja i humanizacije ljudske komunikacije i izražavanja na Vebu, u ovoj disertaciji predlaže se novi pristup za prepoznavanje i semantičku anotaciju emocija izraženih u tekstu, dinamičko povezivanje semantički anotiranih medijskih sadržaja i evokativnu vizuelizaciju emocija. Metodologija je smeštena u kontekst računarski posredovane komunikacije i interakcije. Pristup se zasniva na paradigmi afektivnog računarstva, koja zagovara tezu da afektivni sistemi treba da budu u stanju da prepoznaju emocije, reaguju na njih, te da ih komuniciraju i evociraju.

Doprinos predstavljen u ovom radu odnosi se na prepoznavanje i anotaciju emocija izraženih u tekstu, kao i na dinamičko povezivanje i automatsko kreiranje evokativnih vizuala na osnovu semantičkih anotacija. Predloženi pristup prepoznavanju i anotaciji funkcioniše na rečeničnom nivou i koristi standardnu Ekmanovu klasifikaciju emocija. Metodologija uključuje leksikon reči koji je automatski generisan na osnovu WordNet-a, leksikon emotikona i uobičajenih kolokvijalizama na Vebu, kao i skup heurističkih pravila. Predložena metodologija vizuelizacije emocija zasniva se na generativnoj animaciji i evokativnim umetničkim vizualima. Emocije prepoznate u tekstu mapiraju se u realnom vremenu na apstraktne generativne vizuale. Dinamičko mapiranje tekst-emocija-slika tehnički je omogućeno semantičkom anotacijom teksta i vizuala.

Evaluacija predloženog algoritma za prepoznavanje i anotaciju emocija pokazala je zadovoljavajuću tačnost – kako u odnosu na konkurentne sisteme, tako i u odnosu na normativni standard, dobijen uz pomoć odgovora učesnika u studiji. Osim toga, evaluacija potvrđuje značaj sadejstva leksikona reči i leksikona emotikona; bez bilo kog od ova dva leksikona, performanse bi bile statistički značajno slabije. Vizuelizacije emocija evaluirane su poređenjem dva predložena sistema vizuelizacije sa druga dva široko zastupljena vida prikaza emocija na Vebu: emotikonima i avatarima. Rezultati studije pokazali su da pristup vizuelizaciji predložen u ovom radu doprinosi kvalitetu računarski posredovane komunikacije. Najvažnije od svega, pokazalo se da glavna vizuelizacija predložena u radu, ona zasnovana na boji, pokretu i obliku, statistički značajno bolje pobuđuje emocije u korisnicima od svih drugih razmatranih oblika prikaza emocija.

Pristup je implementiran putem softverskog sistema Synesketch (verzija 2.0), koji je objavljen na Vebu kao besplatna softverska biblioteka otvorenog koda. Mnogi inženjeri, istraživači i dizajneri na osnovu njega su napravili funkcionalne aplikacije, metodologije i vizuelizacije, što potvrđuje praktičnu vrednost predloženog pristupa.

Ključne reči: Softversko inženjerstvo, Analiza i razumevanje prirodnog jezika, Vizuelizacija podataka, Interakcija čoveka i računara, Afektivno računarstvo, Prepoznavanje emocija izraženih u tekstu, Semantička anotacija, Primenjena veštačka inteligencija, Digitalna generativna animacija, Umetnost novih medija

Naučna oblast: Računarstvo

Uža naučna oblast: Softversko inženjerstvo

UDK: 004.415

Dynamic Composition and Visualization of Semantically Annotated Content

Abstract:

Human interaction on the Web often carries important emotional meanings that are unintelligible to computers. In order to improve, enrich and humanize online communication and expression, this thesis introduces and combines novel approaches to textual emotion recognition, dynamic composition of semantically annotated media content, and evocative emotion visualization. The proposed methodology is positioned in the context of computer-mediated communication and interaction. The approach is grounded in the Affective Computing paradigm, according to which affective computer systems should be able to recognize, react to, and communicate and evoke human emotions.

Contribution presented in this thesis refers to textual emotion recognition and annotation, as well as dynamic composition and automatic creation of evocative visuals, based on semantic annotation. The proposed approach to emotion recognition in the text is sentence-based and relies on the Ekman's standard classification of basic emotions. The methodology uses a word lexicon, semi-automatically generated from WordNet, a lexicon of emoticons, abbreviations, and common colloquialisms on the Web, as well as a set of heuristic rules. The approach to emotion visualization is grounded in generative animation and evocative visual art. Emotions recognized in the text are mapped in real time to abstract generative visuals. Dynamic mapping from text to emotions to visuals is technically realized via semantic annotation of both text and visuals.

The evaluation of the proposed textual emotion recognition and annotation algorithm shows high accuracy and promising results – both compared to concurrent systems and to a gold standard obtained through a user study. Moreover, the evaluation study confirms the importance of joint use of the word lexicon and the emoticon lexicon; without any of these two lexicons, the performance of the algorithm is weaker in a statistically significant manner. Evocative emotion visualization is evaluated via comparison of two proposed visualization approaches with two common textual emotion visualization techniques: chat emoticons and avatars. The results of this study show that the evocative emotion visualization approach presented in this thesis contributes to the quality of computer-mediated communication. Most importantly, the main visualization proposed in this thesis, based on abstract color, motion, and shape, proved to be the best in evoking emotions compared to other examined visualization techniques.

The approach is implemented through Synesketch software system (version 2.0), which is available online as a free open source software library. Synesketch has been used by many engineers, researchers, and designers in various projects, real-world applications and visualizations, as well as research methodologies; this confirms the practical value of the work presented in this thesis.

Keywords: Software Engineering, Natural Language Processing, Data Visualization, Human-Computer Interaction, Affective Computing, Textual Emotion Recognition, Semantic Annotation, Applied Artificial Intelligence, Digital Generative Animation, New Media Art

Scientific Area: Computer Science

Scientific Discipline: Software Engineering

UDC: 004.415

Sadržaj

1	Uvod	1
1.1	Formulacija problema	2
1.2	Predmet i cilj istraživanja.....	3
1.3	Sadržaj rada po poglavljima	3
2	Pregled oblasti	5
2.1	Prepoznavanje emocija izraženih u tekstu	5
2.1.1	Leksički resursi za prepoznavanje emocija izraženih u tekstu.....	6
2.1.2	Pristupi zasnovani na prepoznavanju ključnih reči.....	8
2.1.3	Statistički pristupi	10
2.1.4	Pristupi zasnovani na pravilima i hibridni pristupi	12
2.2	Semantička anotacija emocija.....	13
2.2.1	Ontologije, Povezani podaci i Semantički Veb.....	13
2.2.2	Semantičko modelovanje emocija.....	14
2.2.3	Dinamičko povezivanje sadržaja na osnovu semantičkih anotacija	16
2.3	Afektivna vizuelizacija i animacija.....	19
2.3.1	Pragmatička vizuelizacija podataka koji se tiču emocija	22
2.3.2	Umetnička vizuelizacija podataka u vezi s emocijama.....	23
2.3.3	Emotikoni i emocionalni avatari	30
3	Analiza	33
3.1	Otvoreni istraživački problemi.....	33
3.2	Istraživačka pitanja	35
3.2.1	Istraživačka pitanja koja se odnose na prepoznavanje i anotaciju emocija	36
3.2.2	Istraživačka pitanja koja se odnose na vizuelizaciju i izražavanje emocija.....	37

3.3	Predlog rešenja	38
3.3.1	Prepoznavanje i anotacija emocija izraženih u tekstu.....	39
3.3.2	Vizuelizacija emocija izraženih u tekstu.....	43
3.4	Očekivan opšti, istraživački i društveni doprinos.....	46
4	Dizajn	48
4.1	Prepoznavanje i semantička anotacija emocija izraženih u tekstu.....	49
4.1.1	Leksikon reči.....	50
4.1.2	Leksikon emotikona	52
4.1.3	Prepoznavanje emocija i heuristička pravila.....	54
4.1.4	Semantička anotacija emocija izraženih u tekstu.....	57
4.2	Vizuelizacija emocija.....	63
4.2.1	Paleta boja.....	63
4.2.2	Hooloovoo: Vizuelizacija s fokusom na boji	64
4.2.3	Synemania: Prožimanje oblika, pokreta i boje.....	65
4.2.4	Semantička anotacija vizuelizacija.....	77
4.3	Dinamičko povezivanje teksta, emocija i vizuelizacija na osnovu semantičkih anotacija	79
5	Implementacija	80
5.1	Arhitektura softverskog sistema Synesketch.....	80
5.1.1	Apstraktni sloj Synesketch arhitekture.....	81
5.1.2	Softverski modul za prepoznavanje emocija izraženih u tekstu.....	84
5.1.3	Softverski modul za anotaciju emocija prepoznatih u tekstu.....	87
5.1.4	Softverski modul za dinamičko povezivanje i vizuelizaciju	88
5.1.5	Implementacija vizuelizacija	90
5.2	Arhitektura softverskog sistema za automatsko kreiranje leksikona reči	93

6	Evaluacija	95
6.1	Evaluacija pristupa za prepoznavanje i anotaciju emocija.....	95
6.1.1	Metodologija	95
6.1.2	Rezultati	99
6.1.3	Diskusija	104
6.1.4	IP _{PA3} : Poređenje Synesketch algoritma s konkurentnim algoritmima	106
6.2	Evaluacija pristupa za vizuelizaciju emocija.....	110
6.2.1	Metodologija	110
6.2.2	Rezultati	117
6.2.3	Diskusija	121
7	Zaključak	124
7.1	Ostvareni doprinos.....	124
7.2	Mogućnosti i primeri korišćenja.....	127
7.2.1	Aplikacije autora ovog rada zasnovane na Synesketch-u.....	127
7.2.2	Aplikacije drugih istraživača, inženjera i dizajnera zasnovane na Synesketch-u.....	128
7.2.3	Ostali primeri korišćenja.....	131
7.3	Pravci budućih istraživanja	132
	Bibliografija	134

1 Uvod

Zahvaljujući razvoju i rasprostranjenosti tehnologija za računarski posredovanu komunikaciju i izražavanje, danas se računarske tehnologije ne vide samo kao alat, već i kao medij. Razmatrajući informacione tehnologije u kontekstu sredstava izražavanja, Ballard (1988) ističe kako nauka i tehnologija u sve značajnijoj meri određuju “jezike kojima pričamo i na kojima mislimo”. “Ili ćemo koristiti ove jezike”, zaključuje Ballard, “ili ćemo ostati nemi” (Ballard, 1988, str. 96).

Značaj tehnologije kao medija osobito se odnosi na Veb, kojeg možemo smatrati najvažnijim savremenim posrednikom medijskih sadržaja (tekstova, slika, filmova, muzike, itd). Njegov tvorac, Berners-Lee, naglašava da je Veb “pre socijalna nego tehnološka kreacija”, dodajući da su njegov krajnji cilj upravo društveni efekti i “poboljšanje našeg povezanog postojanja u svetu” (Berners-Lee et al., 2001, str. 29).

Poput društvenih razmena van digitalnog konteksta, emocije igraju ključnu ulogu u komunikaciji i interakciji na Vebu (Pang & Lee, 2008). Uporedo s razvojem Veba kao medija, razvijaju se i specifične tehnike veštačke inteligencije, koje mogu da razumeju i oponašaju izvesne aspekte ljudskog razmišljanja i ponašanja. Uprkos složenoj i višeznačnoj prirodi ljudskih osećanja, današnji računari u stanju su da delimično razumeju manifestacije emocija izraženih u različitim medijskim sadržajima (Calvo et al., 2015).

Emocije se u okviru psihologije proučavaju još od 19. veka (James, 1884). Izučavanje emocija kao jednog od centralnih kognitivnih fenomena, od kojeg se sastoji društveni život i ljudske interakcije, poseduje dugu i bogatu istoriju, manifestovanu u obliku brojnih naučnih teorija, modela i diskusija (Solomon, 1973; Ekman, 1977; Frijda, 1986; Ortony et al. 1988; Izard, 1993; Lazarus, 1994; Roseman & Smith, 2001). U međuvremenu, razvojem tehnika veštačke inteligencije, došlo se do mogućnosti interdisciplinarnog proučavanja emocija kroz prožimanje psihologije, neuronauke i računarstva (Calvo et al., 2015; Tao & Tan, 2005).

U cilju humanizacije tehnologije, Picard (1997) je prva predložila i definisala oblast afektivnog računarstva (*Affective Computing*). Po njenoj definiciji, afektivna je ona računarska tehnologija koja se “odnosi na, proističe iz, ili namerno utiče na ljudska osećanja” (Picard, 1997, str. 1). Tao i Tan tvrde da su zadaci afektivnog računarstva posmatranje, interpretacija i generisanje emocija (Tao & Tan, 2005).

Picard izdvaja pet glavnih izazova afektivnog računarstva (Picard, 2003):

- prepoznavanje emocija u medijskim sadržajima;

- modelovanje emocija;
- računarsko izražavanje emocija;
- računarska etika;
- korisnost tehnologija afektivnog računarstva za potrebe dizajna interakcija čoveka i računara (*Human-Computer Interaction Design, HCI Design*).

1.1 Formulacija problema

Izazovi afektivnog računarstva i danas su otvoreni u teorijskom i praktičnom pogledu. Za svaki od ovih izazova ponaosob predložen je niz naučno-istraživačkih i tehničkih pristupa, međutim nijedan od njih nije savršen i svaki ima prednosti i mane (detaljna analiza postojećih pristupa data je u Poglavlju 2). Sem toga, sudeći po objavljenim istraživanjima, malo je pristupa koji probleme afektivnog računarstva tretiraju celovito i multidisciplinarno, koji se istovremeno bave i prepoznavanjem, i modelovanjem, i komunikacijom, i evokacijom (pobuđivanjem) emocija, a u kontekstu unapređenja interakcije čoveka i računara.

Tretirajući izazove afektivnog računarstva kao celovit predmet istraživanja¹, ova disertacija se, konkretno, bavi mogućnostima računara da:

- prepoznaje emocije izražene u tekstu (prepoznavanje emocija u medijskim sadržajima);
- anotira tekst služeći se modelima semantičkog opisivanja emocija (modelovanje emocija);
- dinamički povezuje tekst, s jedne strane, i generativnu animiranu apstraktnu vizuelizaciju, s druge strane, sa ciljem vizuelne reprezentacije emocija izraženih u tekstu i evokacije emocija u korisniku (računarsko izražavanje emocija).

Pritom se svaka od ovih komponenti tretira samostalno u svom nužno specifičnom naučno-istraživačkom, tehničkom i kulturnom kontekstu, ali se insistira na zajedničkom, sinergetskom efektu koji na korisnika ostavlja jedinstven afektivni softverski sistem.

Kroz paradigmu afektivnog računarstva, istraživanje u ovoj disertaciji može se smestiti u naučno-istraživački okvir softverskog inženjerstva (*Software Engineering*) i dizajna interakcije čoveka i računara (*HCI Design*). Praktični kontekst istraživanja je računarski posredovana komunikacija i interakcija.

¹ Izuzev računarske etike, za koju smatramo da je izvan okvira našeg istraživanja.

1.2 Predmet i cilj istraživanja

Predmet ove disertacije predstavlja istraživanje i razvoj novog afektivnog softverskog sistema za prepoznavanje, semantičku anotaciju i evokativnu vizuelizaciju emocija izraženih u tekstu. Operacioni predmet istraživanja podrazumeva primenu tehnika analize prirodnog jezika, semantičke anotacije, dinamičkog mapiranja različitih medija, kao i algoritamske generativne grafike, za potrebe modelovanja i razvoja predloženog afektivnog softverskog sistema.

Opšti cilj istraživanja sastoji se u tome da se ukaže na jedan od mogućih načina za unapređenje, obogaćenje i humanizaciju korisničkog iskustva na Vebu, služeći se afektivnim tehnologijama koje su u stanju da prepoznaju i semantički opišu emocije iskazane u tekstu, te da dinamički povežu (mapiraju) tekst sa evokativnim vizualima.

Specifični ciljevi ove disertacije sastoje se iz:

- sistematizacije dostignuća u oblasti afektivnog računarstva, odnosno oblasti prepoznavanja emocija izraženih u tekstu, semantičke anotacije, te dinamičke vizuelizacije emocija;
- formulacije novog pristupa afektivnom računarstvu, tj. problemu prepoznavanja emocija, dinamičkog povezivanja semantički anotiranih medija (teksta i vizuala), i komunikacije i evokacije (pobuđivanja) emocija posredstvom vizuelizacije;
- demonstracije ovog pristupa putem izrade softverskog sistema koji ga implementira;
- evaluacije predloženog pristupa i razvijenog softverskog sistema.

1.3 Sadržaj rada po poglavljima

Disertacija se sastoji iz sedam poglavlja. Nakon apstrakta i prvog, uvodnog poglavlja, koje se odnosi na motivaciju i predmet istraživanja, sledi poglavlje u kome je dat sažet pregled naučnih oblasti relevantnih za kontekst problema. Služeći se paradigmatom afektivnog računarstva, predstavljeni su rezultati u oblastima prepoznavanja emocija izraženih u tekstu, semantičke anotacije emocija i vizuelizacije emocija.

Treće poglavlje definiše istraživački okvir, postavljajući istraživačka pitanja, hipoteze i plan evaluacije. Četvrto poglavlje posvećeno je metodologiji prepoznavanja, semantičke anotacije, dinamičkog povezivanja medijskih sadržaja, kao i vizuelizacije emocija; poglavlje je podeljeno na segment koji se odnosi na prepoznavanje i anotaciju emocija, i na segment koji se odnosi na vizuelizaciju emocija. Peto poglavlje bavi se softverom koji implementira pristup predstavljen u

četvrtom poglavlju; ono sadrži opis konkretnog softverskog sistema, njegove arhitekture i komponenata. U šestom poglavlju predstavljena je evaluacija predloženog pristupa, uključujući metodologiju realizovanih eksperimenata, dobijene rezultate i odgovarajuću analizu i diskusiju rezultata.

Sedmo poglavlje, poslednje poglavlje u disertaciji, sadrži zaključna razmatranja. U njemu je dat osvrt na ostvarene naučne i stručne doprinose, navedeni su primeri premene u praksi, te je ukazano na pravce daljeg istraživanja i razvoja.

2 Pregled oblasti

S obzirom na multidisciplinarnost pristupa predstavljenog u ovoj disertaciji – kao i na multidisciplinarnost same paradigme afektivnog računarstva – ovo poglavlje podeljeno je u odnosu na različite oblasti koje se prožimaju u predstavljenom pristupu: prepoznavanje emocija u tekstu, semantička anotacija medijskih sadržaja i evokativna vizuelizacija.

2.1 Prepoznavanje emocija izraženih u tekstu

Prepoznavanje emocija u tekstualnim sadržajima (*Textual Emotion/Affect Recognition/Analysis*) jedan je od najznačajnijih problema oblasti afektivnog računarstva (Picard, 1997). Metode prepoznavanja, klasifikacije i anotacije emocija izraženih u tekstu mogu se podeliti u tri grupe:

- (a) metode zasnovane na ključnim rečima;
- (b) metode zasnovane na statističkom procesiranju jezika;
- (c) hibridne metode, u okviru kojih se posebno izdvajaju pristupi zasnovani na velikim bazama formalno predstavljenog opšteg znanja (*large-scale general-level knowledge*).

Konkretne tehnike razlikuju se u zavisnosti od domena i krajnjih aplikacija. Međutim, i prirodni tekst, i same ljudske emocije sadrže semantičku višeznačnost i nepreciznost, te nijedna od navedenih metoda nije savršena; svaka ima svoje prednosti i mane.

Pristup predložen u ovom radu podrazumeva klasifikaciju emocija u šest kategorija: radost, tuga, bes, strah, gađenje i iznenađenje (Ekman, 1993). Ekmanov model je diskretan, u smislu da su emocije podeljene u međusobno disjunktne kategorije. Uz diskretne, koriste se i dimenzioni modeli za procenu emocija; umesto diskretnih kategorija, oni emocije procenjuju i mere uz pomoć različitih skala. Sudeći po tvrdnjama autora Maussa i Robinsona (2009), i jedni i drugi modeli imaju svoje prednosti i mane; ne postoji standard za merenje i reprezentaciju emocija. Ekmanova tipologija odabrana je jer se radi o najzastupljenijem modelu u oblasti. Kao što prikazuje Tabela 1 u Odeljku 3.2.1, više od polovine opisanih pristupa i aplikacija, posvećenih prepoznavanju emocija izraženih u tekstu, koristi upravo Ekmanov model. U studijama o psihološkim tipologijama emocija, poput studije autorke Prinz (2004), Ekmanov model izdvaja se kao najvažniji. S obzirom na popularnost Ekmanovog modela, “Velika šestorka” (“Big Six”) koristi se kao uobičajen naziv za njega (Prinz, 2004; Alm, 2009; Calix et al., 2010; Buitelaar et al., 2013; Sanchez-Rada & Iglesias, 2013; itd).

Prepoznavanje emocija izraženih u tekstu blisko je oblasti analize sentimenta u tekstu (*Sentiment Analysis*), no ipak se radi o različitim oblastima. Analiza sentimenta, naime, odnosi se na problem klasifikacije teksta u dve klase: (1) pozitivna, i (2) negativna emocija/stav²; tj. tri klase: (1) pozitivna, (2) negativna, i (3) neutralna emocija/stav (Read, 2005; Liu, 2007; Pang & Lee, 2008; Carvalho et al., 2009). S druge strane, analiza emocija ili prepoznavanje emocija u tekstu podrazumeva finije razvrstavanje emocionalnih kategorija. Otuda pristup predložen u ovom radu spada u oblasti prepoznavanja emocija izraženih u tekstu.

Većina pristupa u oblasti prepoznavanja složenijih emocija izraženih u tekstu – pa tako i pristup predstavljen u ovoj disertaciji – može se koristiti i za potrebe analize sentimenta, jer većina kompleksnijih sistema za klasifikaciju emocija podrazumeva da postoje pozitivne i negativne klase emocija. Primera radi, Ekmanova podela, koja je korišćena u ovom radu, poseduje 6 kategorija, od kojih je jedna pozitivna (emocija radosti), četiri su negativne (emocije tuge, besa, gađenja i straha), a jedna je neutralna (emocija iznenađenja), tj. inicijalno je neutralna, dok joj se ne odredi kontekst (Ekman, 1993). Međutim, pristupi za prepoznavanje emocija, poput pristupa predstavljenog u ovom radu, nisu dizajnirani u tu svrhu. Otuda se u ovom radu fokusiramo na oblast prepoznavanja emocija u tekstu, samo se dotaknuvši oblasti analize sentimenta.

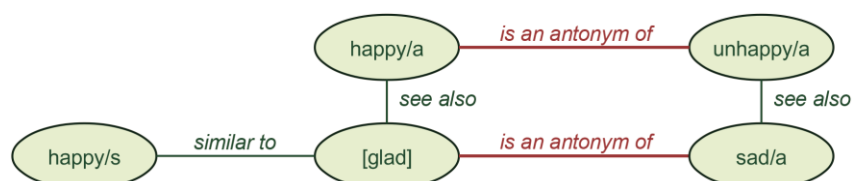
2.1.1 Leksički resursi za prepoznavanje emocija izraženih u tekstu

Značajan deo istraživanja u oblasti prepoznavanja emocija izraženih u tekstu obuhvata izgradnju i/ili adaptaciju leksičkih izvora, koji sadrže emocionalne ključne reči, odnosno reči za koje se može tvrditi da ih većina ljudi u značajnom broju slučajeva može asociirati sa određenim tipovima emocija.

Za pristup predložen u ovoj disertaciji posebno značajan leksički resurs je WordNet – široko korišćena leksička baza podataka za engleski jezik, koja reči grupiše u pojmove ili skupove sinonima (tzv. sinsete), i sadrži kako sintaksne veze između reči, tako i semantičke veze između pojmova (Miller, 1990).

Slika 1 prikazuje delić WordNet-ovog semantičkog grafa.

² U oblasti analize sentimenta, često se umesto emocija govori o pozitivnim, negativnim ili neutralnim stavovima. Otuda se u literaturi oblast analize sentimenta (*Sentiment Analysis*) naziva i analiza, izvlačenje ili pronalaženje stavova, mišljenja i mnenja (*Opinion Mining*).



Slika 1. Deo semantičkog grafa WordNet-a³, koji prikazuje semantičke veze između pojmova kao što su “srećan” (“happy”), “nesrećan” (“unhappy”) i “tužan” (“sad”); ove semantičke veze mogu prikazivati, na primer, odnos sličnosti (“similar to”, “see also”) ili antonimski odnos (“is an antonym of”)

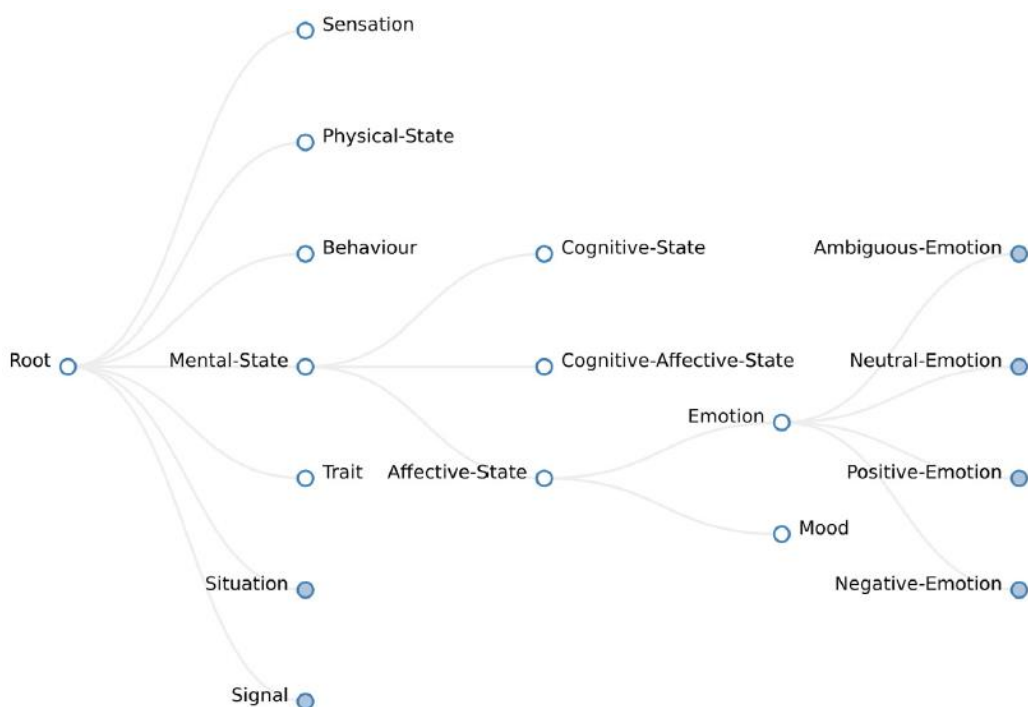
U kontekstu analize sentimenata, postoji više pristupa koji nastoje da prilagode WordNet specifičnim potrebama ove oblasti. Primera radi, Esuli i Sebastiani (2006) napravili su poseban leksički resurs, SentiWordNet leksikon, koji je zasnovan na skupovima sinonima (sinsetima) iz WordNet-a. Svakom skupu sinonima autori su dodelili tri numerička faktora, u zavisnosti od toga u kolikoj su meri termini u skupu sinonima pozitivni, negativni ili neutralni.

Slično tome, Andreevskaja i Bergler (2006) predstavili su metodologiju anotacije prideva iz WordNet-a koji imaju emocionalno značenje. Svakom pridevu dodelili su pozitivan ili negativan tag. Neviarouskaya et al. (2007), pak, predstavili su metodologiju zasnovanu na WordNet-u koja automatski generiše leksikon za analizu sentimenata. Leksikon sadrži numeričke vrednosti koje predstavljaju intenzitet emocija. Ova metodologija, nazvana SentiFul, proširena je korišćenjem sinonimskih, antonimskih i hiponimskih relacija među pojmovima.

U oblasti prepoznavanja emocija izraženih u tekstu, autori su se služili WordNet-om za kreiranje emocionalnih leksikona sa više emocionalnih kategorija. Na primer, Strapparava i Valitutti (2004) razvili su WordNet-Affect, leksikon emocionalnih koncepata, baziran na podskupu WordNet-ovih skupova sinonima. Autori su WordNet-ove pojmove označavali emocionalnim oznakama vezanim za emocionalna stanja, raspoloženja, osobine, kao i situacije koje bi mogle da izazovu emocije.

Strapparava et al. (2006) proširili su WordNet-Affect skupom hijerarhijski organizovanih emocionalnih kategorija. Ove kategorije samo su delom u saglasju s Ekmanovom klasifikacijom; primera radi, prošireni leksikon sadrži oznake kao što su “anksioznost” (negativna emocija), “predosećanje” (pozitivna emocija) ili “ravnodušnost” (neutralna emocija), koje ne mogu jasno da se uklape u Ekmanovu shemu. Slika 2 prikazuje deo taksonomije emocionalnih oznaka kojima se služi WordNet-Affect.

³ <http://dingo.sbs.arizona.edu/~Sandiway/wconnect/index.html>



Slika 2. Deo taksonomije emocionalnih oznaka kojima se služi WordNet-Affect; preglednosti radi, plavi (puni, zatamnjeni) čvorovi su sažeti i inače sadrže još podčvorova

2.1.2 Pristupi zasnovani na prepoznavanju ključnih reči

Tradicionalan i najintuitivniji pristup prepoznavanju emocija izraženih u tekstu zasnovan je na automatskom prepoznavanju emocionalnih ključnih reči. Neke od tehnika u ovoj grupi služe se isključivo skupovima reči (bez pridruženih numeričkih vrednosti), dok im druge dodeljuju određene numeričke vrednosti ili težine, uglavnom vezane za pretpostavljeni ili procenjeni intenzitet emocije.

Jedan od pionirskih sistema u oblasti, Affective Reasoner (Elliott, 1992), pretražuje reči u tekstu, sukcesivno, služeći se malim leksikonom nedvosmisleno emocionalnih reči. Affective Reasoner izgrađen je kao multi-agentski sistem, u kojem automatski agenti poseduju emocionalna stanja. Agenti međusobno interaguju i komuniciraju, služeći se pojmovima iz leksikona. Za potrebe modelovanja emocija, Elliott je, shodno vlastitim preferencama, proširio tipologiju koju su prvi definisali Ortony et al. (1988). Izvršena kvalitativna evaluaciona studija sistema Affective Reasoner ne sadrži numeričke nivoe tačnosti (Elliott, 1993). Studija je posvećena primeni sistema u kontekstu simulacije društvenih situacija. Rezultati su mešoviti, zavisno od složenosti i konteksta interakcije.

Za razliku od Elliottovog rudimentarnog leksikona, Boucouvalas i Zhe primenjuju složeniji jezički parser, zajedno s rečnikom ustaljenih termina vezanih za emocije (Boucouvalas & Zhe, 2002; Boucouvalas, 2003). Aplikacija kojom je pristup ilustrovan funkcioniše kao vizuelni sistem za čet (*chat*). Kao ulazne

parametre, sistem prima tekst, određuje njegovo emocionalno stanje u odnosu na Ekmanovu tipologiju, i na osnovu toga bira odgovarajuću ekspresivnu fotografiju koja teži da ilustruje prepoznatu emociju (Slika 21 u Odeljku 2.3.3 prikazuje, između ostalog, i interfejs ovog sistema). Evaluaciona studija prijavljuje nivo tačnosti od 90 procenata, ali zbog nedostatka podataka o studiji teško je oceniti njenu verodostojnost.

Subasic i Huettner (2001) bave se analizom emocija u kontekstu automatskog donošenja odluka (*Decision Making*). Svoj model su zasnovali na rasplinutoj, tj. fazi logici (*Fuzzy Logic*). Ulazni tekst označava se emocionalnim kategorijama iz afektivnog leksikona. Tehnike fazi logike koriste se za kreiranje fazi skupova, koji reprezentuju emocionalno stanje teksta. Autori su koristili višestruke izvore kako bi sastavili vlastitu tipologiju emocija. Ova tipologija izlazi iz standardnih okvira u oblasti, jer osim strogo emocionalnih kategorija (“radostan” ili “besan”) sadrži i kategorije poput “inteligentan”, “zdrav” ili “pravedan”. Pristup je primenjen nad tekstualnim korpusom, koji čine, primera radi, novinske vesti, poezija i recenzije filmova. Premda ove ilustracije svedoče o potencijalu pristupa, nedostaje evaluaciona studija koja bi empirijski utvrdila njegovu tačnost.

Ma et al. (2005) pretraživali su WordNet tražeći emocionalne reči koje odgovaraju Ekmanovoj “Velikoj šestorci”. Svakoj reči ovi autori dodelili su numeričke vrednosti koje predstavljaju intenzitet odgovarajuće emocije. Ove vrednosti odgovaraju proporciji skupova sinonima sa emocionalnom konotacijom, u odnosu na ukupan broj skupova sinonima kojima data reč pripada. Zarad ilustracije prepoznatih emocija, sistem koristi 2D animirane junake. Nažalost, rad u kome je ovaj sistem predstavljen ne sadrži empirijsku studiju, te je nemoguće proceniti u kolikoj je meri ovaj sistem upotrebljiv.

Chuang i Wu (2004) takođe koriste leksikon sa emocionalnim numeričkim težinama, ali ga kombinuju sa algoritmom za prepoznavanje emocija u audio-zapisu. Leksikon je sastavljen za kineski jezik, manuelno, shodno preferencama autora. Sistem za procesiranje zvuka u stanju je da prepozna 33 akustična svojstva, koja se koriste za klasifikaciju emocija u odnosu na Ekmanovu shemu. Sudeći po rezultatima studije (Chuang & Wu, 2004), sistem koji integriše analizu emocija u tekstu i zvuku bolji je od sistema koji se služi samo tekstom, kao i od sistema koji se služi isključivo zvukom. Studija prijavljuje nivo tačnosti (*Accuracy Levels*) 56–81.5 procenata.

S obzirom na popularnost metoda za prepoznavanje ključnih reči, elementi ovog pristupa mogu se pronaći i kod autora Olveres et al. (1998), Devillers et al. (2002), Strapparava i Valitutti (2004), Tao i Tan (2004), Andreevskaia i Bergler (2006), Wensel i Sood (2008), kao i Francisco i Gervas (2012).

U domenu analize sentimenata, zanimljiv je pristup Thelwall et al. (2010), koji se, poput pristupa predstavljenog u ovoj disertaciji, služi emotikonima i heurističkim pravilima. Prijavljeni nivoi tačnosti iznose 60.6–72.8 procenata. Međutim, budući da se ne radi o analizi složenijih tipova emocija, ovaj pristup ograničen je samo na tri emocionalne kategorije (pozitivna, negativna i neutralna). Sem toga, u procesu formiranja leksikona, autori su se vodili subjektivnim sudovima o značenju i relevantnosti emotikona, što ograničava njegovu primenu u naučno-istraživačkom kontekstu.

U prednosti pristupa zasnovanih na ključnim rečima spadaju intuitivnost i jednostavnost. Međutim, autori poput Liu et al. (2003), Seol et al. (2008), kao i Neviarouskaya et al. (2011), kritikuju ove pristupe zbog površnih analitičkih kapaciteta i zbog ignorisanja mnogih semantičkih suptilnosti. Primera radi, pristupi zasnovani na ključnim rečima ne uzimaju u obzir negaciju u rečenici, često se teško snalaze s rečima koje imaju više značenja i neretko se oslanjaju na leksičke kolekcije koje nisu validirane kroz empirijske studije.

2.1.3 Statistički pristupi

Najzastupljenija alternativna metodologija prepoznavanju emocija u tekstu bazirana je na statistici i upotrebi algoritama za mašinsko učenje (*Machine Learning*), treniranih na velikim tekstualnim korpusima.

Primera radi, SNoW arhitektura koristi nadgledano mašinsko učenje za potrebe klasifikacije emocija izraženih u tekstu (Alm et al., 2005; Alm, 2009). Klasifikacija se vrši u odnosu na Ekmanove klase, s tim što je emocija iznenađenja podeljena na pozitivno i negativno iznenađenje (kako bi rezultati mogli da se svedu na dihotomiju analize sentimenata). Kao korpus, upotrebljeni su duži tekstovi pripovedačkog tipa, kao što su bajke i dečije priče. Prijavljeni nivoi tačnosti iznose 54–79 procenata.

Katz et al. (2007) upotrebili su nadgledano mašinsko učenje za potrebe klasifikacije emocija nad korpusom novinskih naslova. Klasifikacija se služi Ekmanovom podelom. Evaluacija je vršena poređenjem automatski dobijenih rezultata sa anotacijama naslova koje su dali ispitanici. Sudeći po rezultatima, tačnost iznosi 59.9–67.2 procenata.

Nad istim korpusom novinskih naslova, Strapparava i Mihalcea (2007) primenili su tehniku semantičke analize LSA (*Latent Semantic Analysis*) i klasifikator Naivni Bajes (*Naive Bayes*) u odnosu na emocionalnu “Veliku šestorku”. Anotacija je, između ostalog, vršena i posredstvom emotikona. Pearsonovi koeficijenti korelacije između rezultata dobijenih algoritmom i anotacija koje su obezbedili ispitanici iznose 16.7–44.9.

Purver i Battersby (2012) služe se emotikonima kao emocionalnim oznakama za potrebe nadgledane klasifikacije emocija u okviru metodologije utemeljene na mašinskom učenju. Klasifikacija se takođe zasniva na Ekmanovoj tipologiji. Kao korpus, korišćeni su mikro-članci sa Twitter-a, tj. tvitovi. Po tvrdnjama autora, ova metoda je pogodnija za prepoznavanje radosti, tuge i besa nego ostalih tipova emocija. Sem toga, empirijski je utvrđena razlika između emotikona u pogledu toga koliko se ispitanici slažu u vezi s njihovom emocionalnom konotacijom. Prijavljeni nivoi tačnosti iznose 60.2–68.7 procenata.

Sličan pristup zasnovan na mašinskom učenju primenjen je na kineski jezik (Yuan & Purver, 2012). Autori su koristili tekstove sa kineskog servisa za mikroblobove, Sina Weibo, koji se može smatrati nekom vrstom kineskog Twitter-a. Poput tvitova, ovi mikroblobovi sadrže emotikone i druge konvencionalne neformalne simbole, koje su Yuan i Purver koristili za anotaciju teksta. Nivoi tačnosti iznose 62.8-85.9 procenata. Najbolji rezultati ostvareni su za emociju radosti.

Služeći se korpusom članaka sa blogova, Aman i Szpakowicz (2007) analizirali su saglasnost ispitanika po pitanju emocionalnog značenja teksta. Sudeći po rezultatima Kappa statistike (*Cohen's Kappa statistics*), saglasnost za sve Ekmanove tipove varira između 0.6 (za emociju iznenađenja) i 0.79 (za emociju straha). U istom radu, autori su predstavili algoritam za prepoznavanje emocija, baziran na Naivnom Bajesu i tehnici SVM (*Support Vector Machines*). Kao resursi za identifikaciju reči sa emocionalnom konotacijom, korišćeni su General Inquirer (Stone et al., 1966) i WordNet-Affect (Strapparava et al., 2006). Prijavljen nivo tačnosti algoritma iznosi 73.9 procenata (Aman & Szpakowicz, 2007).

Calix et al. (2010) takođe su koristili statističku tehniku klasifikacije SVM (*Support Vector Machines*) u odnosu na tipologiju “Velike šestorke”. Skup reči korišćenih za trening algoritma sastavljen je poluautomatski, kombinacijom automatske i manuelne metodologije. Rezultati su pokazali da nije bilo razlike u performansama između algoritma koji je zasnovan na manualnoj i onoga koji je zasnovan na automatskoj metodologiji. Kao ilustraciju algoritma, autori su koristili automatski generisana animirana 3D lica. Nivoi tačnosti iznose 67-70.5 procenata.

Za razliku od prethodno navedenih pristupa, Keshtkar (2011) istraživao je mogućnosti algoritma zasnovanog na mašinskom učenju da automatski generiše tekst koji poseduje emocionalno značenje, što potpada pod oblast generisanja prirodnog jezika (*Natural Language Generation – NLG*). Tipovi emocija određeni su po Ekmanovom standardu.

Među ostalim istraživačima koji koriste tehnike statističkog modelovanja jezika za potrebe analize emocija ili raspoloženja u tekstu, mogu se izdvojiti Mishne (2005), Leshed i Kaye (2006), kao i Mihalcea i Liu (2006).

Statističke tehnike osobito su popularne u okviru oblasti analize sentimenata (Pang et al., 2002; Liu, 2007; Das & Chen, 2007; Pang & Lee, 2008; Lehrman et al., 2012), gde se klasifikacija emocija vrši u odnosu na dve grupe (pozitivne i negativne) ili tri grupe (pozitivne, negativne i neutralne). U kontekstu ove disertacije, osobito je zanimljiv pristup Reada (2005), koji za potrebe treniranja klasifikatora koristi nekoliko pozitivnih i negativnih emotikona iz internet-grupa Usenet. Carvalho et al. (2009) služe se srodnim pristupom, upotrebivši emotikone i kolokvijalne skraćenice, poput “LOL”, ne bi li razvili algoritam za detekciju ironije u tekstu. Među ostalim autorima koji koriste emotikone u kombinaciji sa statističkim pristupima (ili pristupima zasnovanim na mašinskom učenju) za potrebe analize sentimenata izdvajaju se Go et al. (2009) i Pak i Paroubach (2010). U radovima koji statističke tehnike primenjuju u kontekstu analize sentimenata, prijavljuju se nivoi tačnosti koji iznose od 60 do oko 90 procenata.

Statistička alternativa prepoznavanju ključnih reči u oblasti prepoznavanja emocija izraženih u tekstu takođe ima svojih manjkavosti; primera radi, nedostatak semantičke preciznosti (premda u određenim aspektima površnije, ključne reči jesu semantički precizne), potreba za ogromnim korpusom tekstova ukoliko se žele solidne performanse, kao i neretko zanemarivanje sintaksnih konstrukta poput negacije (Liu et al., 2003; Seol et al., 2008).

2.1.4 Pristupi zasnovani na pravilima i hibridni pristupi

Među pristupima koji se ne mogu svrstati ni u statističke, niti u one zasnovane na ključnim rečima, izdvaja se metoda koju predlažu Liu et al. (2003). Radi se o pristupu zasnovanom na pravilima, koji za potrebe zaključivanja i klasifikacije emocija koristi širokoobimnu bazu zdravorazumskog znanja (*large-scale common sense knowledge base*). Koncept se zasniva na pretpostavci da je za robusnost modela potrebno uzeti u obzir ne samo emocionalne ključne reči, već i ljudske stavove povodom raznih svakodnevnih situacija, stvari, odluka i procesa. Formalizaciju ovih stavova obezbeđuje Open Mind Common Sense – otvorena baza znanja koja sadrži formalizovano zdravorazumsko znanje (*general common sense knowledge*). Klase emocija su standardne Ekmanove. Implementacija pristupa služi se ConceptNet-om, skupom semantičkih alata otvorenog koda (Liu & Singh, 2004). Premda je ovaj pristup inovativan i robusan, rezultati evaluacije koje su autori prezentovali (Liu et al., 2003) ne pružaju dovoljno dokaza tačnosti njihovog algoritma za klasifikaciju emocija.

Kao još jedan primer hibridnog pristupa, Seol et al. (2008) predstavljaju sistem koji se sastoji kako od mehanizma za uočavanje ključnih emocionalnih reči, tako i od statističkog emocionalnog klasifikatora. Tipologija emocija, osim standardnih klasa kao što su radost, tuga, strah, bes i neutralna emocija, obuhvata i emocije nade, zahvalnosti i ljubavi. Klasifikator se služi veštačkom neuralnom mrežom zasnovanom na bazi znanja KBANN (*Knowledge-Based Artificial Neural Network*), koja primenjuje domenska znanja i pravila. Prijavljeni nivoi tačnosti iznose 45-65 procenata.

Najzad, Neviarouskaya et al. (2011) uvode Affect Analysis Model (AAM), lingvistički pristup za prepoznavanje emocija izraženih u tekstu, koji je zasnovan na sistemu pravila. Autori se služe leksikonom koji se ne sastoji isključivo od reči, nego i od emotikona i neformalnih kovanica. Međutim, za razliku od većine pristupa koji se temelje na Ekmanovoj podeli na šest tipova emocija, autori uvode svojih devet emocionalnih kategorija. Sudeći po eksperimentalnim rezultatima, procenti nivoa tačnosti iznose 68.2-79.9.

Uzged, sistemi zasnovani na pravilima koriste se i u oblasti analize sentimenata (Mulder et al., 2004; Moilanen & Pulman, 2007). Nivoi tačnosti variraju između 60 i 90 procenata.

2.2 Semantička anotacija emocija

Anotacija u širem smislu odnosi se na označavanje nekog dokumenta ili medijskog resursa određenom oznakom, imenom, atributom, komentarom ili opisom; u tom smislu, anotacija se može poistovetiti sa dodeljivanjem tagova. Oblik anotacije može varirati od tekstualnih tagova, razumljivih ljudima ali ne i mašinama, do složenih semantičkih tagova, čije je značenje dostupno i mašinama.

Jovanović (2005) definiše semantičku anotaciju kao “proces dodeljivanja semantičkih opisa sadržajima na Vebu” (Jovanović, 2005, str. 11). Kiryakov et al. (2004) govore o sematičkoj anotaciji kao o postupku povezivanja reči ili delova teksta sa odgovarajućim konceptima domenskih ontologija; pritom se ovo povezivanje ne mora odnositi isključivo na tekst, već i na druge oblike medija, poput slika ili animacija.

2.2.1 Ontologije, Povezani podaci i Semantički Veb

U računarstvu, pod ontologijom se podrazumeva skup termina kojima se formalno opisuje određeni domen ili oblast znanja (Jovanović, 2005). Po Gruberu, ontologije su formalne specifikacije deljene konceptualizacije izvesnog domena (Gruber, 1993). Swartout i Tate (1999) smatraju da se značaj ontologija ogleda u davanju strukture oko koje se potom mogu graditi baze znanja. Uloga ontologija sastoji se u tome da značenja pojmova iz neke oblasti definišu na način koji je

računarima razumljiv, te da obezbede interoperabilnost, povezanost i automatsku obradu sadržaja na Vebu.

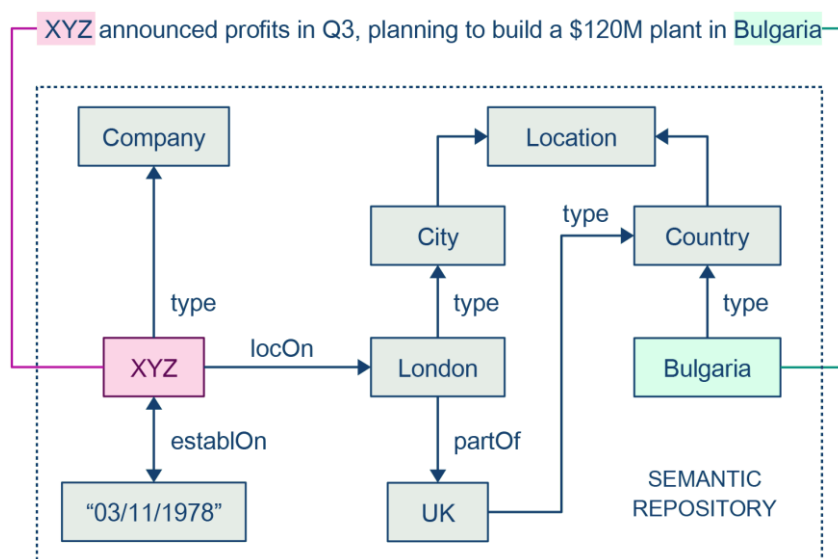
Ontologije su blisko povezane s konceptom Povezanih podataka (*Linked Data*) i idejom Semantičkog Veba (*Semantic Web*). Bizer et al. (2009) definišu koncept Povezanih podataka kao skup praksi i pravila za objavljivanje i povezivanje strukturiranih podataka na Vebu. Ova paradigma omogućuje odvajanje prikaza od sadržaja, kao i povezivanje medijskih sadržaja sa njihovim semantičkim anotacijama (Gašević, 2004). Povezani podaci jedan su od osnovnih gradivnih elemenata Semantičkog Veba. Berners-Lee et. al. (2001) određuju Semantički Veb kao proširenje trenutnog Veba, koje omogućuje da značenje informacija bude pristupačno ne samo ljudima, već i računarima.

Uopšte uzev, postoje tri načina da se određeni sadržaj semantički anotira: manuelno, automatski i poluautomatski (Jovanović, 2004). Manuelni pristup obezbeđuje veću tačnost i preciznost, ali ima puno nedostataka (proces je spor i zamoran, autori su retko motivisani da sami anotiraju svoje sadržaje, a proces anotacije ne zahteva samo napor, već i poznavanje domenskih ontologija). Otuda se manuelna anotacija preporučuje samo ukoliko se radi o manjem broju specifičnih sadržaja. Automatski pristup, pak, ne zahteva dodatni angažman autora, ali zavisi od tehnika veštačke inteligencije, poput tehnika prepoznavanja emocija izraženih u tekstu, čija je tačnost često niža od ljudske procene. Automatski pristup smatra se optimalnim ukoliko proces anotacije po obimu prevazilazi ljudske mogućnosti. U ovom radu, automatski pristup primenjuje se za anotaciju tekstualnih sadržaja (korišćenjem tehnika za prepoznavanje emocija izraženih u tekstu), dok se za anotaciju oblika vizuala primenjuje manuelni pristup. Slika 3 ilustruje način na koji se reči u jednoj rečenici povezuju s konceptima domenske ontologije.

2.2.2 Semantičko modelovanje emocija

U domenu računarskog prepoznavanja emocija ne postoji univerzalno prihvaćen model reprezentacije emocija (Sanchez-Rada & Iglesias, 2013; Schroder et al., 2006). Autori kao što su Schroder et al. (2007) tvrde da je svaki pokušaj da se standardizuje reprezentacija emocija osuđen da bude neuspešan, te da otud modeli treba da ponude fleksibilnost izbora emocionalnih reprezentacija, oznaka, dimenzija i skala.

Važno je istaći razliku između: (1) modelovanja emocija u kontekstu tipologija i taksonomija koje se koriste za prepoznavanje emocija; i (2) složenijeg računarskog modelovanja emocija, u kontekstu neuronauke i simulacija kognitivnih procesa (Calvo et al., 2015). Modelovanje tipa (2) izvan je opsega ove disertacije.



Slika 3. Primer semantičke anotacije rečenice na engleskom jeziku. Reči u rečenici povezuju se sa konceptima u domenskoj ontologiji (koja se pak nalazi u semantičkom repozitorijumu (“Semantic Repository”). Na primer, reč “XYZ” povezuje se sa konceptom XYZ, koji je u okviru formalne ontologije povezan sa pojmom kompanije, kao i sa podacima o datumu osnivanja (veza “establOn”) i lokaciji (“locOn”) (Georgiev, 2015)

Uz WordNet-Affect (Strapparava & Valitutti, 2004; Strapparava et al., 2006) i SentiWordNet (Esuli & Sebastiani, 2006), otvorene leksičke baze za analizu (prepoznavanje) emocija i analizu sentimenata, izdvaja se EmotionML (Burkhardt et al., 2014), jedan od poznatijih jezika za anotaciju emocija. EmotionML je nastao kao proširenje projekta EARL (Emotion Annotation and Representation Language) u okviru istraživačke mreže AAAC⁴ (Association for the Advancement of Affective Computing). EmotionML obezbeđuje dvanaest vokabulara za emocionalne kategorije i dimenzije.

U oblasti semantičkih tehnologija, Grassi (2009) uvodi ontologiju HEO (Human Emotion Ontology); ova ontologija služi za anotaciju multimedijских podataka. Sličan projekat, EMO (Emotion Ontology), nastoji da pomiri terminološka neslaganja u domenu analize emocija (Hastings et al., 2011).

Projekat Marl (Westerski & Sanchez-Rada, 2013) kreiran je za potrebe semantičke anotacije u oblasti analize sentimenata. Marl se sastoji od standardizovane ontologije, koja je dizajnirana za opisivanje subjektivnih mišljenja koja mogu biti pozitivna, negativna i neutralna.

Za potrebe kompleksnije analize emocija – u koju spada i oblast prepoznavanja emocija izraženih u tekstu – ističe se projekat Onyx (Sanchez-Rada & Iglesias,

⁴ Mreža AAAC (Association for the Advancement of Affective Computing) bila je poznata pod nazivom HUMAINE (Human-Machine Interaction Network on Emotion).

2016; Sanchez-Rada, 2013). Onyx se sastoji od standardizovane ontologije, uz pomoć koje se medijski sadržaji mogu anotirati u kontekstu finijih tipologija emocija, poput Ekmanove tipologije koja se koristi u ovom radu (Ekman, 1993).

Onyx radi u sadejstvu s Lemon-om (Lexicon Model for Ontologies). McCrae et al. (2011) predstavljaju Lemon kao model koji podržava deljenje terminoloških i leksičkih resursa na Semantičkom Vebu, kao i njihovo povezivanje sa postojećim semantičkim reprezentacijama na bazi ontologija. Onyx se služi Lemonom radi određivanja terminologije za tipove emocija (Sanchez-Rada & Iglesias, 2013).

Takođe je važno istaći projekat EuroSentiment (Buitelaar et al., 2013; Sanchez-Rada et al., 2014). Ovaj projekat obezbeđuje semantički interoperabilne jezičke resurse za analizu emocija, poput anotiranih korpusa i domenskih leksikona, držeći se principa Povezanih podataka. EuroSentiment integriše veći deo navedenih ontologija i pristupa, ne bi li obezbedio anotacijsku fleksibilnost o kojoj su govorili autori poput Schroder et al. (2007). Konkretno, EuroSentiment integriše sledeće resurse, modele i ontologije:

- Lemon (McCrae et al., 2011);
- Marl (Westerski & Sanchez-Rada, 2013);
- Onyx (Sanchez-Rada & Iglesias, 2016; Sanchez-Rada, 2013);
- SentiWordNet (Esuli & Sebastiani, 2006);
- WordNet-Affect (Strapparava et al., 2006).

Slika 4 prikazuje primere anotacija emocija u formatima EmotionML i Onyx. Primeri su dati za rečenicu iz romana “Alisa u zemlji čuda” (“Alice’s Adventures in Wonderland”) Louisa Carrolla. Anotacije se služe istim algoritmom za prepoznavanje emocija, istim modelom (Ekmanovim) i analogne su jedna drugoj – s tom razlikom da se u drugom primeru radi o semantičkoj anotaciji, dok je EmotionML baziran na XML-u i ne prati standarde Povezanih podataka.

2.2.3 Dinamičko povezivanje sadržaja na osnovu semantičkih anotacija

Pojam “dinamičko povezivanje” odnosi se na stvaranje (generisanje), komponovanje (sklapanje), menjanje ili adaptiranje sadržaja pod uticajem interakcije s korisnikom, u realnom vremenu, tokom rada softvera. Nasuprot dinamičkog, statički sadržaj trajno je definisan pre pokretanja softvera i korisnik mu može pristupiti isključivo u takvom obliku. U kontekstu pristupa predloženog u ovoj disertaciji, dinamičko povezivanje odnosi se na mapiranje teksta, emocija i vizuala u realnom vremenu.

EmotionML

```
<emotionml
  xmlns="http://.../emotionml"
  xmlns:meta="http://.../metadata"
  category-set="http://.../#everyday-categories">
<info>
  <classifiers:classifier classifiers:name="GMM"/>
</info>
<emotion>
  <category name="Disgust" value="0.82"/>
  'Come, there is no use in crying like that!'
</emotion>
  said Alice to herself rather sharply;
<emotion>
  <category name="Anger" value="0.57"/>
  'I advise you to leave off this minute!'
</emotion>
</emotionml>
```

Onyx

```
emoml: <http://www.gsi.dit.upm.es/ontologies/onyx/vocabularies/emotionml/ns#>

:Set1 a onyx:EmotionSet;
  onyx:extractedFrom "Come, there is no use in crying like that!
    said Alice to herself rather sharply;
    I advise you to leave off this minute!";
  onyx:hasEmotion :Emo1
  onyx:hasEmotion :Emo2
:Emo1 a onyx:Emotion;
  onyx:hasEmotionCategory emoml:disgust;
  onyx:hasEmotionIntensity 0.82;
  onyx:hasEmotionText "Come, there is no use in crying like that!"
:Emo2 a onyx:Emotion;
  onyx:hasEmotionCategory emoml:anger;
  onyx:hasEmotionIntensity 0.57;
  onyx:hasEmotionText "I advise you to leave off this minute!"
:Analysis1 a onyx:EmotionAnalysis;
  onyx:algorithm: "GMM";
  onyx:usesEmotionModel emoml:big6;
  prov:generated Set1.
```

Slika 4. Primeri semantičke anotacije emocija u formatima EmotionML (XML) i Onyx (TURTLE); primeri su dati za rečenicu iz romana "Alisa u zemlji čuda" ("Alice's Adventures in Wonderland") Louisa Carrolla (Sanchez-Rada & Iglesias, 2016)

Tehnologije semantičke anotacije i Povezanih podataka omogućuju dinamičko povezivanje i mapiranje različitih sadržaja na osnovu značenja eksplicitno kodifikovanog uz pomoć semantičkih anotacija. Recimo, mapiranje između teksta i slike može se izvršiti dinamički ukoliko je tekst označen konceptom iz domenske ontologije, koji se zatim, posredstvom veza u semantičkom grafu, može dovesti u vezu sa drugim konceptom kojim je označena slika.

Na primer, u tekstu "Dežurni krivci" su film snimljen 1995. godine" termin 'Dežurni krivci' povezan je sa konceptom filma "Dežurni krivci" ("Usual

Suspects”). Ovaj koncept – identifikovan svojim jedinstvenim URI-jem⁵ (*Uniform Resource Identifier*) – povezan je s opisom filma, u kome se pominje termin “neočekivan obrt na kraju”. Ukoliko se ovaj tekst analizira uz pomoć nekog algoritma za prepoznavanje i anotiranje emocija, termin “neočekivan obrt” može se dovesti u vezu sa emocijom iznenađenja i označiti adekvatnim konceptom iz ontologije Onyx, “emoml:surprise”⁶. Slikovni prikaz (*emoji*) iznenađenog emotikona⁷, označen istim konceptom “emoml:surprise”, može se zatim dovesti u vezu sa početnim tekstom.

U literaturi postoji mnogo primera dinamičkog povezivanja na osnovu semantičkih anotacija. Recimo, Weal et al. (2007) predstavljaju pristup za automatsko kreiranje članaka koji sadrže slike i biografije umetnika. Tekstualni sadržaji se automatski prikupljaju s Veba, tumače se uz pomoć tehnika za izvlačenje informacija (*Information Extraction*) i označavaju konceptima iz domenskih ontologija. Ovi koncepti zatim se porede s konceptima kojima su anotirane slike i generiše se adekvatan Veb-članak. Pomenuti sistem, nazvan ArtEquAkt, jedan je od onih koji primenjuju semantički pristup zarad generisanja prirodnog jezika (*Natural Language Generation – NLG*). U svojoj analizi takvih sistema, Bouayad-Agha et al. (2014) ističu i radove autora Dai et al. (2010) i Janzen i Maas (2009).

Arhitektura sistema VizBoard (Voigt et al., 2013) omogućuje dinamičko mapiranje semantičkih baza podataka na predefinisani skup vizuelizacija. Sistem je orijentisan na korisnike koji nemaju iskustva sa semantičkim tehnologijama. Korisnik je vođen kroz proces analize i vizuelizacije, kako bi mogao da izabere adekvatne interaktivne grafikone. Donekle sličan model je LDVM (Linked Data Visualization Model), koji dinamički povezuje semantički anotirane podatke s adekvatnim vizuelizacijama, grafikonima i dijagramima (Brunetti et al., 2013). LDVM sadrži biblioteku generičkih vizuelizacija, koje omogućuju korisnicima da steknu uvid u semantički anotirane baze podataka, istraže ih, analiziraju i adekvatno ih prikažu. Sličan cilj sebi su postavili Thellmann et al. (2015), čiji sistem LinkDaViz omogućuje vođenje korisnika kroz proces automatske vizuelizacije semantički opisanih podataka.

Huber et al. (2014) nastoje da omoguće dinamičko povezivanje medijskih sadržaja iz domena digitalne humanistike. Radi se o heterogenim bazama podataka, kako u pogledu medija (tekst, slika, metapodaci, itd), tako i u pogledu

⁵ URI filma: http://live.dbpedia.org/page/The_Usual_Suspects

⁶ emoml: <<http://www.gsi.dit.upm.es/ontologies/onyx/vocabularies/emotionml/ns#>>

⁷ 🤔

formata (od običnog teksta, preko XML-a, do relacionih baza podataka). Opisani model LOD (Linked Open Data Enhancer) obezbeđuje intuitivan grafički interfejs, koji omogućuje korisnicima da učestvuju u procesu povezivanja sadržaja. Primena semantičkih tehnologija u oblasti digitalne humanistike osobito je prisutna u muzeologiji; jedan od istaknutijih primera, semantički portal MuseumFinland, omogućuje dinamičku kompoziciju muzejskih sadržaja, služeći se semantičkim opisima i logičkim pravilima (Hyvonen et al., 2005).

Višemedijskim sadržajima bave se i Little et al. (2002), čiji je softver u stanju da dinamički generiše multimedijalne prezentacije, koristeći semantičke veze između pojmova. Posebna pažnja posvećena je prostornim i vremenskim odnosima između medijskih resursa, predstavljenim u formi SMIL (Synchronized Multimedia Integration Language) datoteka.

Bischof et al. (2015) predstavljaju sistem za dinamičko povezivanje statističkih podataka o gradovima (Open City Data). Podaci se prikupljaju iz raznovrsnih izvora, mapiraju na koncepte odgovarajućih ontologija i povezuju u suvisle celine za krajnje korisnike. Sistem 3city (Rizzo et al., 2015), pak, orijentisan je na podatke o gradu koji mogu biti korisni za turiste i posetioce. Projektovana za potrebe Milanskog sajma (Expo Milano 2015), semantička baza znanja (*Knowledge Base*) 3city sadrži opise događaja, mesta, aktivnosti i transportnih mogućnosti u gradu.

Mogućnosti dinamičkog povezivanja sadržaja posredstvom semantičkih tehnologija takođe su primenjene i u cilju integracije Veb-servisa (Sirin et al., 2003), kao i podataka u okviru paradigme Uređaja na Internetu (*Internet of Things*) (Ali et al., 2015). U domenu industrijske primene, izdvaja se projekat medijske kuće BBC Sport (Rayfield, 2012), koja je za potrebe velikih sportskih takmičenja kreirala sistem, baziran na semantičkim tehnologijama, za automatsko dinamičko komponovanje Veb stranica posvećenih sportskim rezultatima.

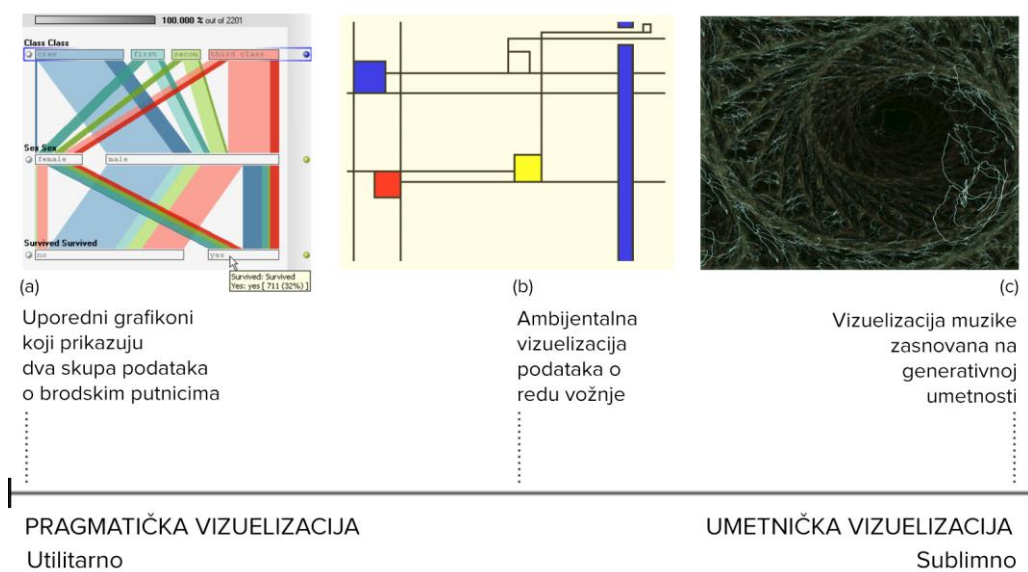
2.3 Afektivna vizuelizacija i animacija

Kosara (2007) definiše kontinuum između: (a) pragmatičkih vizuelizacija, koje su po prirodi utilitarne; i (b) umetničkih vizuelizacija, čija je priroda poetička i sublimna: “ona koja izaziva osećaj divljenja i evocira dublje emocionalne i/ili intelektualne reakcije” (Kosara, 2007, str. 633).

Slika 5 prikazuje kontinuum između pragmatičke i umetničke vizuelizacije:

- a) na utilitarnoj strani, kao primer, prikazana je uporedna analiza dva skupa podataka o putnicima s Titanika (Kosara et al., 2006); oblici ove vizuelizacije su prepoznatljivi a mapiranje podataka na oblike lako je čitljivo;

- b) na sredini između utilitarnog i sublimnog, prikazana je ambijentalna vizuelizacija podataka o autobuskom redu vožnje (Skog et al., 2003), koja premda jeste napravljena s umetničkim ciljem i nije lako čitljiva, može se interpretirati uz dodatne informacije o mapiranju;
- c) na sublimnoj, umetničkoj strani prikazana je vizuelizacija muzike, MilkDrop (Geiss, 2001), koja je zasnovana na generativnoj umetnosti; oblici ove vizuelizacije, iako jesu bazirani na podacima, nisu prepoznatljivi a mapiranje nije razumljivo.

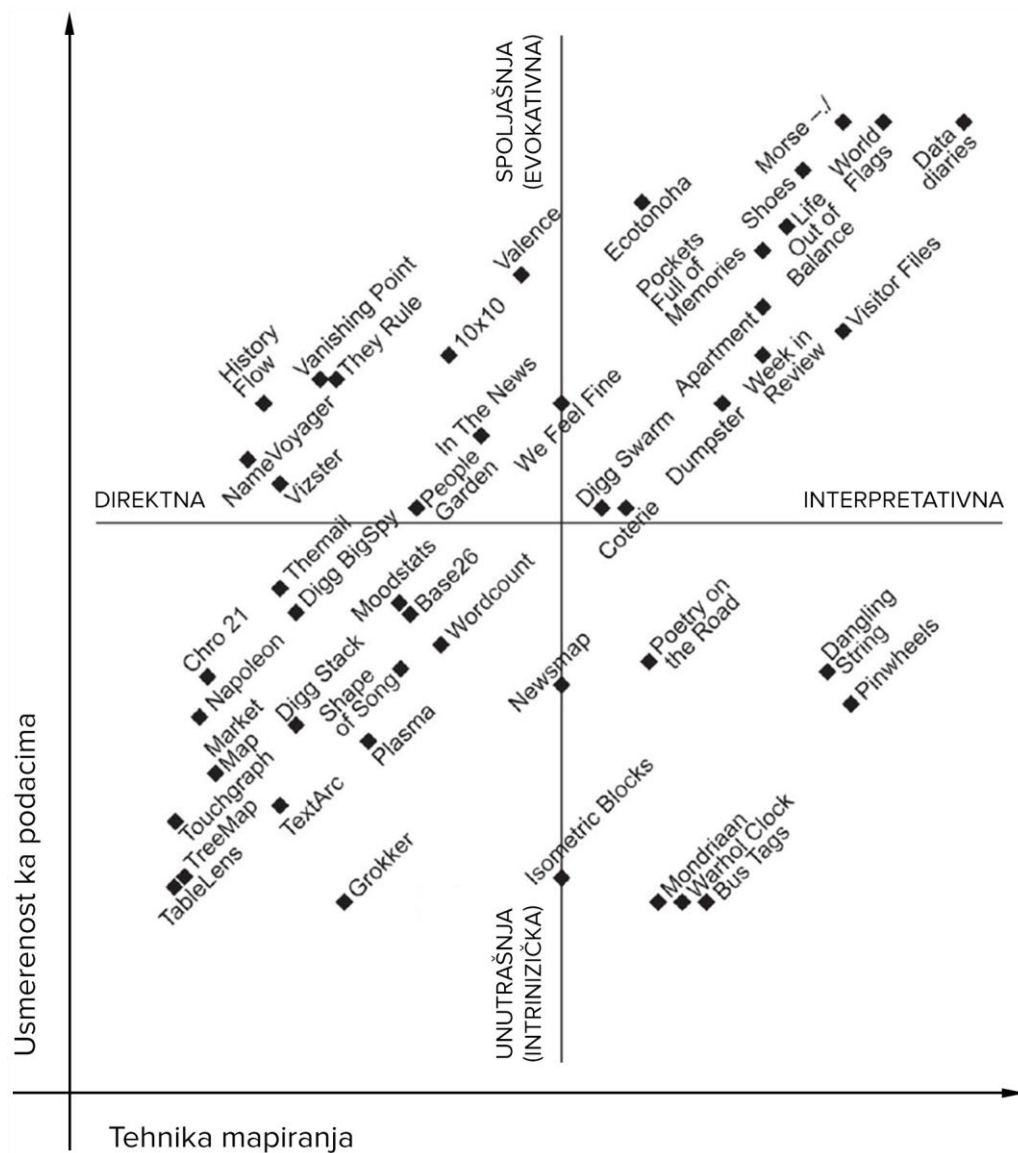


Slika 5. Kontinuum (skala) između pragmatičke i umetničke vizuelizacije podataka (Kosara, 2007)

Gaviria (2008), pak, predlaže eksplicitnu definiciju: “Funkcionalna vizuelizacija informacija teži da prenese poruku ili pojasni obrasce skrivene u podacima koje predstavlja, služeći se metaforama koje korisnici mogu jednostavno da razumeju. S druge strane, estetska vizuelizacija informacija zainteresovanija je za predstavljanje subjektivnih impresija o bazi podataka, težeći da izazove visceralnu ili emotivnu reakciju kod korisnika” (Gaviria, 2008, str. 479).

Lau i Moere (2007) definišu model estetike informacija, koristeći dva faktora: (a) tehniku mapiranja; i (b) usmerenost ka podacima. Tehnika mapiranja varira od direktne do interpretativne; usmerenost ka podacima varira od unutrašnje (intrinzičke) do spoljašnje (evokativne). Slika 6 predstavlja 47 javno dostupnih vizuelizacija, koje su autori rasporedili na koordinatni sistem, čije su ose definisane uz pomoć dva navedena faktora. Moglo bi se reći da interpretativne vizuelizacije, koje definiše Gaviria, i evokativne (spoljašnje) vizuelizacije, koje definišu Lau i Moere, odgovaraju Kosarinom poetičkom i sublimnom. Cilj takvih vizuelizacija

nije samo da iskomunicira informacije, nego i da prouzrokuje emocionalni doživljaj i ličnu refleksiju.



Slika 6. Model estetike informacija, koji zavisi od dva faktora: tehnike mapiranja i usmerenosti ka podacima; ovi faktori čine koordinatni sistem na kome su autori rasporedili 47 javno dostupnih vizuelizacija (Lau & Moere, 2007)

U nastavku potpoglavlja, ove dve kulture u oblasti vizuelizacije informacija i vizuelizacije podataka obrađene su ponaosob:

- (1) pragmatička vizuelizacija, orijentisana na naučno-analitično i tehničko;
- (2) umetnička vizuelizacija, orijentisana na estetsko i poetičko, i usmerena ka pobuđivanju (evokaciji) emocija.

S obzirom da je kontekst evokativnih vizuelizacija predstavljenih u ovoj disertaciji bliži drugoj (estetskoj, umetničkoj) kulturi, na nju je usmereno više pažnje. Sem toga, dotaknuta je i kultura emotikona i emocionalnih avatara, koji predstavljaju sastavni deo savremene popularne kulture predstavljanja i komunikacije emocija.

2.3.1 Pragmatička vizuelizacija podataka koji se tiču emocija

Liu, Selker i Lieberman (2003) uvode jednostavan horizontalni stubac, obojen u karakteristične boje koje odgovaraju tipovima emocija (Slika 7). U pitanju je vrsta vremenske skale (*timeline*), koja stoji iznad teksta i predstavlja emocionalni razvoj priče. Autori ovaj dijagram koriste i kao alat za vizuelizaciju teksta i kao alat za navigaciju kroz tekst.

Sistem po imenu VIBES (Wensel & Sood, 2008) služi se nekolicinom dijagrama i grafikona kako bi prikazao odnose između emocija i sadržaja u blogovima. Kao što prikazuje Slika 8, VIBES implementira tri tipa dijagrama:

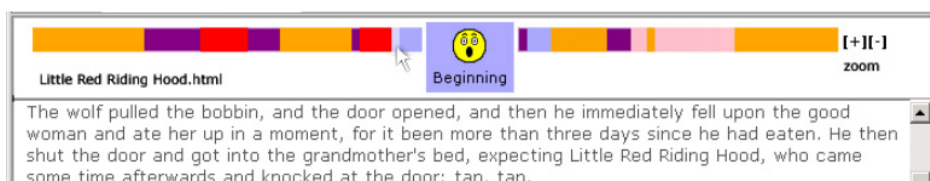
- (1) EmoGraph, jednostavan linijski grafikon koji prikazuje intenzitet pozitivnih/negativnih emocija duž vremenske ose;
- (2) EmoMeters, koji prikazuje intenzitet pozitivnih/negativnih emocija za svaku ključnu reč; i
- (3) EmoCloud, koji prikazuje dva oblaka reči (*word cloud*), u kojima se reči grupišu po kriterijumu pozitivne i negativne emocije.

Slično tome, Gregory et al. (2006) predlažu uvođenje različitih grafikona i vizuelizacija za analizu emocija u velikim tekstualnim korpusima. Primera radi, autori predlažu tzv. ružin grafikon (*rose plot*), koji prikazuje emocionalne intenzitete (težine) u odnosu na četiri tipologije emocija:

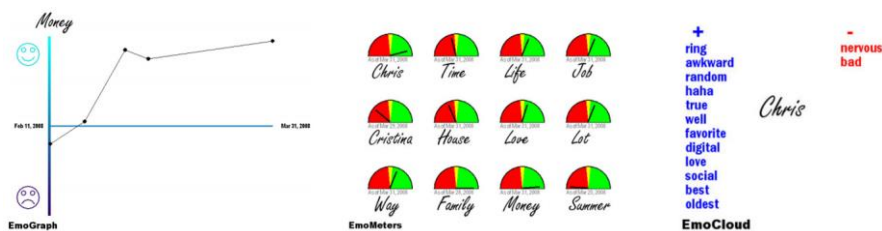
- (1) pozitivna/negativna;
- (2) vrlina/mana;
- (3) zadovoljstvo/neprijatnost;
- (4) saglasnost/sukob.

Svaka od ovih tipologija formira po jedan kontinuum; autori tako uvode tačkast x-y grafikon (*scatterplot*) za prikaz klastera koji se formiraju shodno raspodeli podataka u odnosu na zadate tipološke kontinuumne (Slika 9).

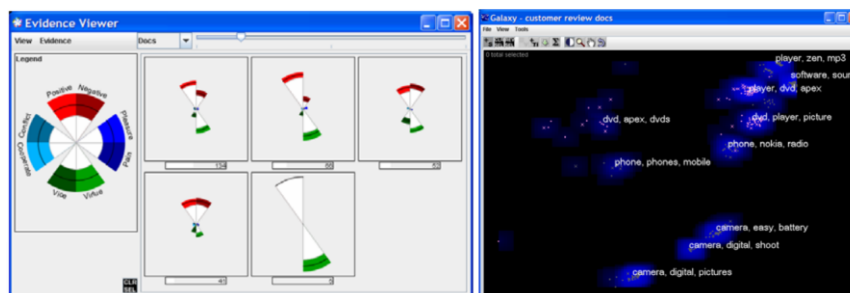
Quan i Ren (2014) predlažu vremensku skalu (*timeline*), obojenu u boje karakteristične za svaki tip emocije. Njihov je domen takođe tekstualna komunikacija na Vebu u formi bloga (Slika 10).



Slika 7. Liu, Selker i Lieberman (2003) predstavljaju emocionalni interfejs (timeline) za vizuelizaciju emocija u priči i navigaciju kroz tekst; svaka boja odgovara jednom tipu emocije



Slika 8. Tri tipa grafikona koje implementira sistem VIBES (Wensel & Sood, 2008): (1) EmoGraph, (2) EmoMeters, i (3) EmoCloud



Slika 9. Ružin grafikon i tačkast x-y grafikon koji prikazuju klustere emocionalnih podataka u odnosu na zadate tipološke kontinuumne (Gregory et al., 2006)



Slika 10. Vremenska linija priče, čije boje odgovaraju tipovima emocija (Quan & Ren, 2014)

2.3.2 Umetnička vizuelizacija podataka u vezi s emocijama

Umetničke vizuelizacije ne reprezentuju informacije bukvalno i utilitarno. Umetnička mapiranja nastoje da budu subjektivna; da zahtevaju korisnikovu maštu i da doživljaj stavljaju iznad podataka.

Umetnička vizuelizacija podataka oslanja se na nasleđe generativne i algoritamske umetnosti – čije su, pak, temelje postavili pioniri savremene umetnosti, među kojima se ističu Klee (1961; 1992), Kandinsky (1911), Malevich (1915) i Moholy-Nagy (1925). Razvoj računarstva, kibernetike i veštačke inteligencije produbio je ovu interdisciplinarnu saradnju (Vilson, 2002; Whitelaw, 2004; Boden & Edmonds, 2009).

Konkretno, generativna umetnost odnosi se na umetničko delo koje delom ili u potpunosti stvara autonomni sistem (Galanter, 2003). Boden i Edmonds (2009) definišu generativnu umetnost kao umetnički rad proizveden uz pomoć aktivacije skupa pravila i parametara. Autonomni sistem se najčešće – i u kontekstu ove disertacije – odnosi na računar, premda postoje i generativne umetničke prakse vršene uz pomoć, primera radi, hemijskih ili mikrobioloških procesa (Vilson, 2002). U nekim slučajevima, autor računarskog programa ugrađuje u sistem svoje umetničke ideje i stavove, dok se u drugim slučajevima teži postizanju izvesne vrste veštačke kreativnosti mašine u pogledu stvaranja vizuelnih, auditivnih i/ili pripovedačkih dela (Pereira, 2006; Colton & Wiggins, 2012). Međutim, proučavanje kreativnosti u kontekstu veštačke inteligencije tek je u prvim istraživačkim fazama i izvan je opsega ove disertacije. U kontekstu ovog rada, važni su oni aspekti generativne umetničke prakse koji se odnose na generativnu vizuelizaciju podataka u vezi s emocijama.

Manovich (2002) predlaže dve glavne karakteristike umetničke vizuelizacije: (1) ona transformiše složenost podataka u vizuelne predstave, kako bi omogućila ljudsko razumevanje procesa na koji se podaci odnose; i (2) njen cilj nije toliko da mapira apstraktne podatke u lepe i smislene forme, koliko da predstavi subjektivno, lično iskustvo autora vizuelizacije u interakciji s podacima. Viegas i Wattenberg (2007) opisuju četiri karakteristike umetničke vizuelizacije podataka:

- (1) ona mora biti utemeljena na pravim podacima; drugim rečima, mora postojati mapiranje između slike i podataka (ne može se raditi samo o vizuelnim oblicima koji se ne zasnivaju ni na kakvom mapiranju);
- (2) ona se mora fokusirati na estetiku, u skladu s umetničkom namerom;
- (3) njena je svrha da izrazi autorov (umetnikov) stav; u tom kontekstu, ona ima potencijal da utiče na stavove i tačke gledište korisnika ili posmatrača;
- (4) umetnička vizuelizacija je rad koji je stvoren u kontekstu umetnosti, tj. s namerom da se napravi umetničko delo.

S druge strane, autori poput Sacka (2011) i Manovicha (2002) vide evokativne i umetničke kvalitete vizuelizacije podataka kao svojstvo koje je u suprotnosti s načelima dizajna interakcije čoveka i računara (*Human-Computer Interaction* –

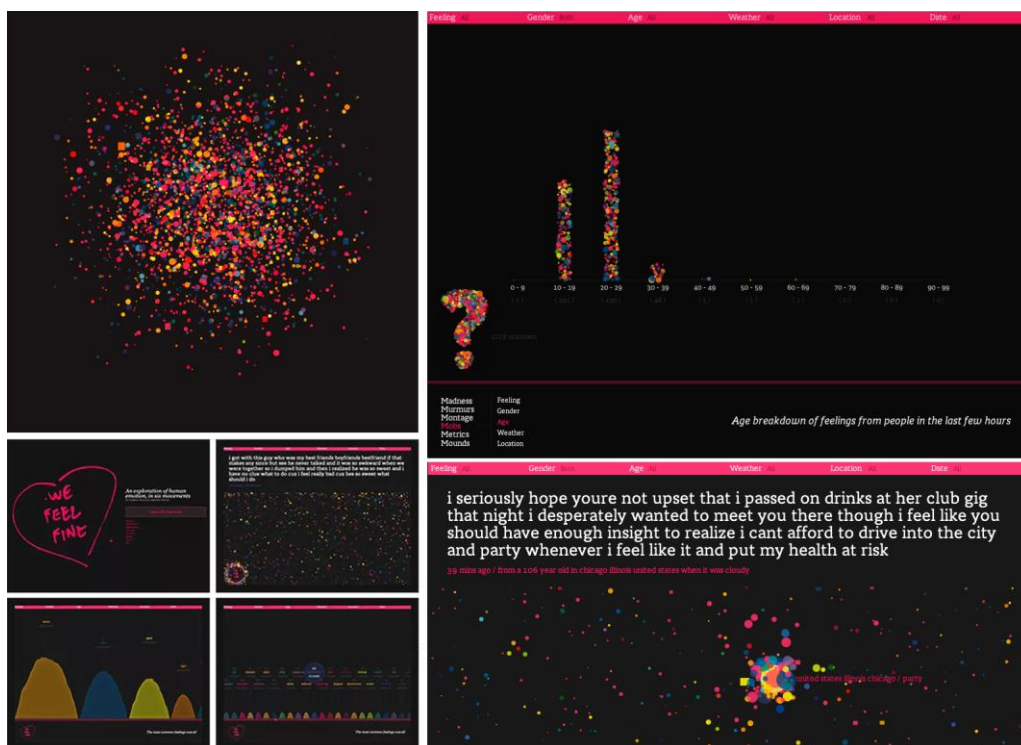
HCI). Ovi autori tvrde da HCI-dizajn nužno zahteva jasnoću i kognitivnu efikasnost. Konačno, Whitelaw (2008) postavlja pitanje: “Da li umetnost zasnovana na podacima (*data art*) postaje puka estetizovana – i u tom smislu, moguće, funkcionalno nepodesna – forma naučne vizuelizacije podataka?” (Whitelaw, 2008, str. 1). Međutim, autor takođe tvrdi da umetnost zasnovana na podacima, upravo time što odvlači korisnika od konkretnih informacija, nudi potencijal za nove i lične rekonstrukcije vizuelizovane baze podataka.

Autori kao što su Viegas i Wattenberg (2007), Go et al. (2009), Subyen et al. (2011) i Jones (2015) polemišu o značaju vizuelizacije ne samo kao alata za vizuelnu analitiku, nego i kao umetničkog i retoričkog medija. Takođe, neki istraživači, u koje spadaju Lau i Moere (2007), Moere (2007), Kosara (2007), Bartram i Nakatani (2010), Subyen et al. (2011) i Lockyer et al. (2011), ističu sposobnost vizuelizacije da prenese, provocira i evocira emocije u korisnicima.

Postoje sistemi koji nastoje da prezentuju emocije prepoznate u tekstu, usredsređujući se pre na kolektivni aspekt osećanja veće grupe ljudi (npr. korisnika Veba) nego na konkretan tekst. Jedan takav projekat, We Feel Fine (Kamvar & Harris, 2011), prikuplja članke sa blogova koji sadrže reč “feel”; korisnici mogu da pretražuju bazu prikupljenih podataka putem serije umetničkih interfejsa (Slika 11).

Projekat Dumpster (Levin et al., 2006), pak, sakuplja i vizuelizuje tekstove u kojima se pominju raskidi romantičnih veza. Poput vizuelizacije We Feel Fine, Dumpster koristi roj čestica (kružića) da prikaže opštu sliku, a svaka čestica ponaosob prikazuje kratak tekst o raskidu. Vizuelizacija sadrži vremensku skalu (*timeline*) i i druge oblike grafikona, poput stupčanog dijagrama (*bar chart*) (Slika 12, levo).

Neki autori stavljaju vizuelizaciju emocija u kontekst generativne umetnosti. Na primer, projekat Aesthetiscope (Liu & Maes, 2006) uzima kao ulaz tekst, da bi kao izlaz generisao umetničke vizuale u obliku obojenih kvadrata. Autori definišu svoj rad kao vizuelizaciju estetskog čitanja, polazeći od teze da čitanje nekog teksta ne podrazumeva samo razmišljanje, već i osećanja, čulne utiske, intuiciju i interpretaciju zavisnu od kulture. Računarski modeli za mapiranje teksta u prostor boja bazirani su na psihološkim teorijama boja, Barthesovim analizama i Jungovim tipovima ličnosti. Zadatak estetske interpretacije delegira se različitim sistemima za tekstualnu analizu, od kojih svaki vrši izračunavanja u odnosu na svoj modus interpretacije. Na ovaj način, Aesthetiscope je u stanju da se prilagodi ličnosti čitaoca u zavisnosti od njegovog psihološkog tipa (Slika 12, desno).



Slika 11. Umetnička vizuelizacija We Feel Fine (Kamvar & Harris, 2011) sastoji se od nekoliko interfejsa za pretraživanje baze podataka o rečenicama sa blogova koje sadrže reč “feel”. Rečenice se mogu pretraživati po više kriterijumima, poput lokacije, uzrasta i pola autora



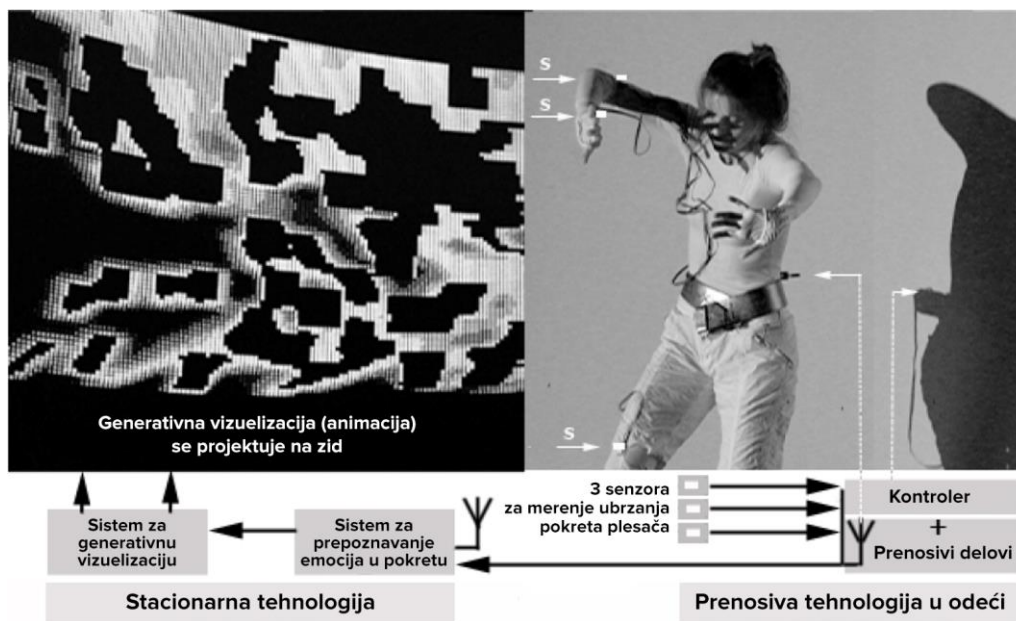
Slika 12. Levo: Interfejs projekta Dumpster (Levin et al., 2006), koji tekstove vezane za raskide romantičnih veza prikazuje u obliku kružića; interfejs takođe sadrži vremensku liniju i druge oblike grafikona, poput stupčanog dijagrama. Desno: Aesthetiscope (Liu & Maes, 2006) je sistem za estetsko čitanje teksta, gde se reči i rečenice prikazuju u obliku kvadratne mreže

Unekoliko sličan Aesthetiscope-u, projekat Painting Fool (Colton et al., 2008) sastoji se od softverskog sistema za generisanje digitalnih portreta. Metodologija koristi tehnike prepoznavanja slika (*Image Recognition*) kako bi analizirala izraze lica posmatrača, koji su pre toga snimljeni kamerom. Analiza emocija bazira se na softveru za računarski vid (*Computer Vision*), koji prepoznaje pokrete specifičnih mišića lica, aktiviranih u vezi s određenom emocijom. Sistem zatim slika posmatračev portret, tako što prepoznat tip emocije mapira na karakterističan stil generativnih vizuala (Slika 13).



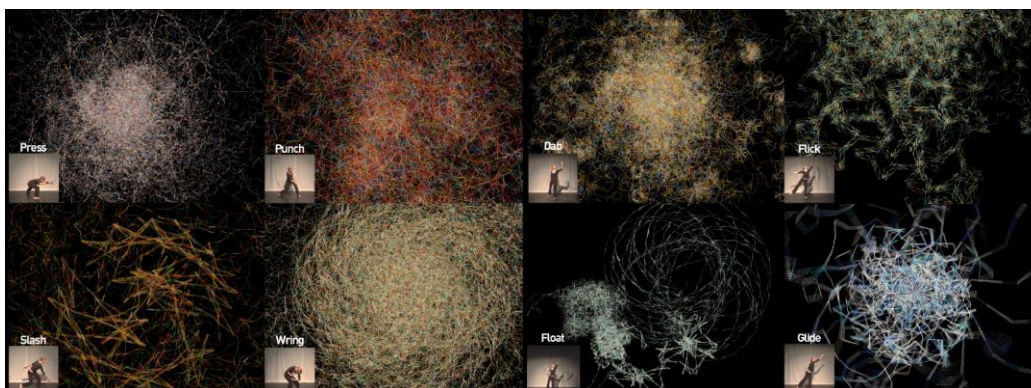
Slika 13. Sistem Painting Fool (Colton et al., 2008) koristi kameru i računar; nakon što kamera uslika posmatrača/korisnika, računarski program slika njegov portret čiji stil i paleta boja zavise od emocije prepoznate u snimljenom izrazu lica. Portreti na slici odgovaraju emocijama radosti (gore levo), iznenađenja (gore desno), tuge (sredina levo), straha (dole desno) i besa (dole levo).

Postoje i autori koji vizuelizuju plesne pokrete koristeći apstrakte animacije (Gutknecht et al., 2008; Subyen et al., 2011) ili generativnu sintezu slike (Omata et al., 2012), kao čulne nadražaje u kontekstu umetnosti novih medija. Slika 14 prikazuje sistem za generisanje animiranih vizuala, koji predlažu autori Gutknecht et al. (2008). Sistem prima podatke sa senzora prikačenih na odeću plesača, analizira ih, te generiše odgovarajuće generativne vizuelizacije, koje se projektuju na zid.



Slika 14. Sistem za generativnu vizuelizaciju (animaciju) emocija izraženih plesom, koju predlažu autori Gutknecht et al. (2008), sastoji se iz stacionarne i prenosive tehnologije; prenosiva tehnologija, kao sastavni deo plesačke uniforme, sadrži senzore koji mere ubrzanje pokreta plesača; stacionarna tehnologija u osnovi je računar koji obrađuje podatke sa senzora i generiše umetničku animaciju (vizuelizaciju), koja se potom projektuje na zid

Subyen et al. (2011) koristi Labanovu klasifikaciju plesnih pokreta (Slika 15), gde svaki od osam tipova pokreta dobija svoju vizuelnu reprezentaciju u formi generativne animirane grafike.



Slika 15. Evokativne generativne animacije (Subyen et al., 2011) koje se formiraju na osnovu plesnih pokreta; svaki od 8 tipova plesnih pokreta po Labanovom sistemu dobija svoju reprezentaciju u obliku generativnih vizuala

Što se tiče paleta boja, umetničke vizuelizacije uglavnom se oslanjaju na tradiciju proučavanja ljudskog doživljaja boja: od Goetheovih teorija (Goethe, 1840) do umetničkih mapiranja koje uvodi Kandinsky (1911), zajedno sa savremenijim istraživanjima u oblasti psihologije boja (Munsell, 1919; Berlin & Kay, 1969; Valdez & Mehrabian, 1994; Ou et al., 2004).

Primeru radi, Liu i Maes (2006), autori Aesthetiscope-a (Slika 12, desno), oslanjaju se na analize paleta boja i preporuke koje su postavili Goethe (1840), Munsell (1919) i Berlin i Kay (1969). Emocionalni leksikoni korišćeni u radu ručno su anotirani, zajedno sa opisnim vokabularom parametara vezanih za boje.

Colton et al. (2008) razvili su posebnu vrstu mapiranja za svoj projekat Painting Fool, služeći se ličnim, subjektivnim preferencama i impresijama; primeru radi, koristili su sivkaste boje za emociju gađenja, plavkaste i sive za emociju straha i vrlo jarke boje za emociju radosti. Subyen et al. (2011) definisao je mapiranje plesnih pokreta u odnosu na boje (Slika 16), koristeći sinestetska pravila koja je definisao Kandinsky (1911).

MOTION FACTORS	SPACE		WEIGHT		TIME			
EFFORT QUALITY	Direct	Indirect	Strong	Light	Sustained	Sudden		
EFFORT CHARACTERISTICS	Straight, Single, Focus, Undeviating	Flexible, Wandering, Deviating, Spiraling	Forceful, Vigorous	Buoyant, Weightless, Easily overcoming gravity	Leisurely, Lingering, Indulging in time	Hurried, Urgent, Quick		
KANDINSKY COLOR CHARACTERISTICS	Strong, of Depth, Excitable, Firm	Green, Peace, Stillness, Quiet	Green, Red, Yellow, Orange, Strength, Energy	White, Harmony of Silence, Not a dead silence	White, Harmony of Silence, nothingness	Red, Yellow, Orange, Loud, Sharp, Hesh, Radiant		
EFFORT ELEMENTS COLOR PARLETTES	EIGHT BASIC EFFORT COLOR PARLETTES							
	Press	Glide	Punch	Dab	Wring	Float	Slash	Flick

Slika 16. Mapiranje plesnih pokreta na palete boja (Subyen et al., 2011)

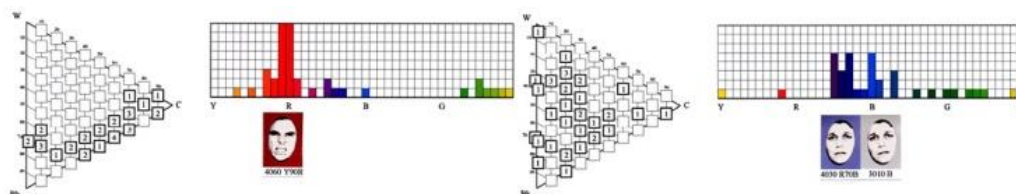
Međutim, sudeći po objavljenim istraživanjima, nijedan od navedenih pristupa bojama nije uistinu baziran na empirijskim studijama.

Među empirijskim pristupima koji nastoje da povežu klase emocija sa paletama boja, izdvaja se rad autora Pos i Green-Armytage (2012). Istraživanje se bavilo pitanjem kako ljudi različitih uzrasta i sa različitih kulturnih prostora povezuju boje s Ekmanovim tipovima emocija. Rad nije predstavljen u kontekstu računarskih nauka ili digitalnih umetnosti, već psihologije boja, ali je značajan za ovu disertaciju jer su na njemu bazirane palete boja kojima se služe predložene evokativne vizuelizacije.

Pos i Green-Armytage pitali su učesnike istraživanja da izaberu primerke boja i povežu ih sa izrazima lica za svaki od šest tipova emocija. Sudeći po rezultatima (Slika 17), ispitanici su svetle boje povezivali sa emocijama radosti, iznenađenja i straha, dok su tugu, gađenje i bes vezivali za tamnije boje. Izabrane boje za tugu i strah bile su sivkaste (imale su nisku saturaciju); radost, iznenađenje i bes, s druge strane, bile su jarke (visoko hromatske). Slika 18 prikazuje distribuciju tona boje za emocije besa i tuge.



Slika 17. Mapiranje Ekmanovih tipova emocija (predstavljenih izrazima lica) na palete boja (Pos & Green-Armytage, 2012)



Slika 18. Distribucija tona boje za emocije besa (levo) i tuge (desno); bes se vezuje skoro isključivo za intenzivne crvene tonove (uz ponešto zelenih), dok se tuga vezuje za sivkaste i niskohromatske plavkaste boje (Pos & Green-Armytage, 2012)

2.3.3 Emotikoni i emocionalni avatari

Može se tvrditi da je najjednostavniji i najrasprostranjeniji oblik računarski posredovanog izražavanja osećanja – emotikon. U pitanju je tipografska reprezentacija izraza lica; primera radi, “:-)” . Neki autori tvrde da emotikoni saopštavaju ljudske emocije eksplicitnije od reči (Gajadhar & Green, 2003).

Ideja simbola koji sličići današnjim emotikonima starija je od Veba. Primera radi, američki časopis “Puck” je 1881. objavio ilustracije koje prikazuju četiri raspoloženja (radost, melanholiu, ravnodušnost i zaprepašćenje) uz pomoć jednostavnih tipografskih simbola (Slika 19, crtež 1) (Popova, 2012). U kontekstu književne analize i kritike, Bierce (1912) predlaže novi simbol interpunkcije u obliku nasmejanih usta, koji bi se koristio za šale ili ironične komentare (Slika 19, crtež 2). U časopisu “Harvard Lampoon”, 1936. objavljen je članak u kome se predlaže korišćenje crtica i asteriska za reprezentaciju osećanja (Gregg, 1936). Po tvrdnjama Benforda (1996), simboli nalik na današnje emotikone korišćeni su između dva svetska rata u zajednicama autora i obožavalaca naučne fantastike.

Tokom predavanja održanih 1938. godine na temu filozofije umetnosti i estetike, Wittgenstein tvrdi: “Kada bih umeo dobro da crtam, mogao bih da prenesem bezbroj izraza lica pomoću četiri crte (Slika 19, crtež 3). Reči kao što su ‘pompezno’ i ‘dostojanstveno’ mogle bi da se izraze licem. Pritom bi naši opisi bili mnogo fleksibilniji i raznovrsniji nego kada su izraženi pridevima. Ako za Schubertov komad kažem da je melanholičan, to je kao da sam mu dao lice (ne izražavam odobravanje ili neodobravanje). Umesto toga mogao bih da se poslužim gestom ili plesom. Zapravo, ako želimo da budemo precizni, mi se i služimo gestom ili izrazom lica” (Wittgenstein, 1966, str. 4).



Slika 19. Kratka istorija emotikona: 1. tipografski simboli iz časopisa “Puck” 1881. godine, za radost, melanholiu, ravnodušnost i zaprepašćenje (Popova, 2012); 2. simbol koji je Bierce 1912. predložio kao oznaku za šalu ili ironiju (Bierce, 1912); 3. Wittgensteinovi proto-emotikoni iz 1938. (Wittgenstein, 1966); 4. savremeni smajli, koga je uveo Fahlman 1982. (Fahlman, 2007)

U kontekstu Veba i digitalne tipografije, emotikoni se prvi put javljaju u Fahlmanovom imejlu (*e-mail*) iz 1982. godine: “Predlažem sledeću sekvencu simbola kao oznaku za šale: :-) Čitajte je postrance. Doduše, sudeći po današnjim trendovima, možda bi bilo ekonomičnije označavati stvari koje nisu šale. Za njih koristiti: :-)” (Fahlman, 2007).

Od tada do danas, emotikoni su postali opšteprihvaćeni simboli. Na današnjem Vebu, javljaju se u dva vida: (a) kao već opisane tipografske oznake; i (b) kao ilustracije, glifovi, piktogrami ili slikovni prikazi ovih oznaka, poznati pod nazivom

“emodži” (*emoji*). Emodžiji mogu, ali ne moraju, biti animirani. Aplikacije za računarski posredovanu komunikaciju i interakciju, kao što su, primera radi, Facebook, GTalk ili Skype, najkorišćenije tipografske emotikone automatski pretvaraju u slikovite emodžije. Slika 20 prikazuje oblik ovih piktograma koje je usvojila kompanija Apple.



Slika 20. Varijante emotikona u slikovnom obliku, poznatih pod imenom “emodži”, kojima se služi softver kompanije Apple⁸

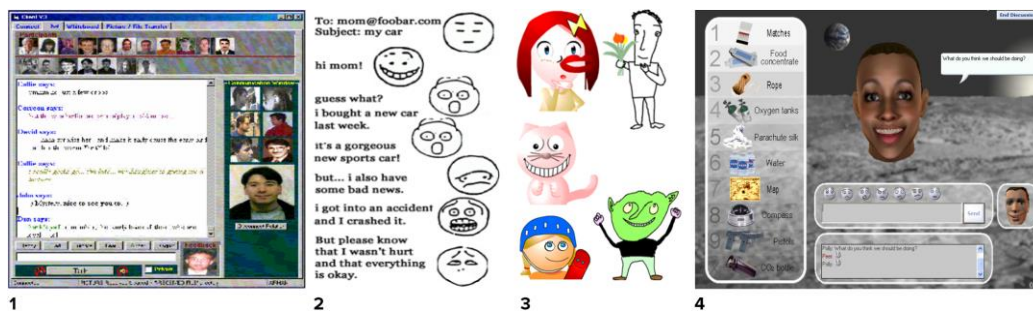
Kao što je već napomenuto u Odeljku 2.1, emotikoni se koriste u oblasti prepoznavanja emocija izraženih u tekstu, kao i u oblasti analize sentimenata (npr. Carvalho et al., 2009; Thelwall et al., 2010; Neviarouskaya et al., 2011; Purver & Battersby, 2012; Yuan & Purver, 2012).

Za razliku od emotikona, koji se po pravilu biraju manuelno, drugi popularni pristup u afektivnom računarstvu podrazumeva predstavljanje emocija posredstvom avatara. Potekli iz kulture digitalnih video-igara, avatari se u kontekstu računarski posredovane komunikacije mogu definisati kao antropomorfne ikone ili figure koje predstavljaju korisnika. Avatari su uglavnom animirani i sastoje se od lica koje može menjati izraze i na taj način predstavljati emocije. Izraz lica avatara može se određivati manuelno. Ukoliko se automatizuje uz pomoć neke od tehnika afektivnog računarstva i veštačke inteligencije, može se govoriti o automatizovanim i/ili inteligentnim avatarima. U odnosu na uticaj emocija korisnika na promenu grimase avatara, avatare možemo podeliti na emocionalne i neemocionalne.

Može se tvrditi da je avatarska podkultura donekle između pragmatičke i umetničke kulture u vizuelizaciji (s određenim osobinama svojstvenim isključivo avatarima). Vizuelna reprezentacija avatara kreće se od ekspresivnih fotografija korisnika (Boucouvalas & Zhe, 2002) i jednostavnih crteža lica (Liu et al., 2003), do računarski animiranih avatara – kako 2D animiranih crtanih junaka (Persson, 2003; Ma et al., 2005; Neviarouskaya et al., 2010), tako i realistično animiranih 3D modela ljudske glave (Olveres et al., 1998; Tao & Tan, 2004; Fabri, 2007; Calix, 2010).

Slika 21 prikazuje raspon vizuelnih oblika avatara koji su prisutni u literaturi.

⁸ <https://support.apple.com/en-us/HT202332>



Slika 21. Različiti vizuelni oblici avatara: 1. fotografije korisnika (Boucoulvas & Zhe, 2002); 2. crteži lica (Liu et al., 2003); 3. animirani crtani junaci (Persson, 2003); 4. realistično animiran 3D model ljudske glave (Fabri, 2007)

Sudeći po Perssonovim istraživanjima, uzajamno dejstvo animacije i običnog teksta značajno unapređuje ekspresivnost poruke (Persson, 2003). U eksperimentu autora Olveres et al. (1998) većini korisnika više je prijao animiran interfejs (*interface*) sa inteligentnim automatizovanim avatarima nego statički neanimirani interfejs, ili pak interfejs koji se sastojao samo od teksta. Fabri et al. (2007) u svom eksperimentu pokazuju kako su korisnici bili uključeni u proces interakcije kada su koristili interfejs sa emocionalnim avatarima u odnosu na interfejs sa neemocionalnim avatarima.

Neviarouskaya et al. (2010) međutim tvrde da je kvalitet korisničkog iskustva kada se koristi avatarski sistem baziran na automatski odabranim emocijama ravan onom korisničkom iskustvu kada se koristi avatarski sistem gde se emocije biraju manuelno. Drugim rečima, po ovim autorima automatizacija emocionalnosti avatara ne utiče značajno na kvalitet korisničkog iskustva. Njihova je studija takođe pokazala da emocionalni avatari nisu ni po jednom kriterijumu bolji od neemocionalnih avatara.

3 Analiza

U trećem poglavlju sistematizovani su otvoreni istraživački problemi čije se rešenje predlaže u ovoj disertaciji. Potom su definisana istraživačka pitanja, nakon čega je dat prikaz idejnog rešenja i opis sistema koji ga implementira. Na kraju su objašnjeni očekivani doprinosi, kako istraživački, tako i društveni.

3.1 Otvoreni istraživački problemi

Svih pet izazova afektivnog računarstva koje je navela Picard (2003) još uvek su otvoreni kao istraživački problemi. Konkretno, reč je o prepoznavanju emocija u medijskim sadržajima, modelovanju emocija, računarskom izražavanju emocija, računarskoj etici, kao i adekvatnoj primeni tehnologija afektivnog računarstva za potrebe dizajna interakcije čoveka i računara.

Ukoliko se pomenuti izazovi posmatraju kao celina, može se reći da nedostaje sveobuhvatnih idejnih i praktičnih rešenja u oblasti afektivnog računarstva, koja bi u okviru jednog pristupa bila posvećena i prepoznavanju, i modelovanju, i evociranju emocija, kao i računarskoj etici i računarski posredovanoj interakciji u afektivnom kontekstu.

Što se tiče projekata navedenih u pregledu oblasti (Poglavlje 2), za tek nekoliko njih može se tvrditi da su vođeni težnjom za celovitim pristupom. Primera radi, projekat *We Feel Fine* (Kamvar & Harris, 2011) vrši umetničku (te u izvesnom smislu i evokativnu) vizuelizaciju emocija izraženih u tekstu; međutim, algoritam za prepoznavanje emocija svodi se na rudimentarnu funkciju za uočavanje reči “osećam” ili “osećanje” (“feel” ili “feeling”). Sistem je usmeren isključivo na vizuelizaciju – njegov modul za prepoznavanje emocija ne bi se mogao smatrati odgovorom na prvi izazov koji je postavila Picard (2003). Sistemi kao što su *Painting Fool* (Colton et al., 2008) i *Subyenov softver* za vizuelizaciju plesnih pokreta (Subyen et al., 2011) posvećeni su i prepoznavanju i izražavanju emocija, ali kao medijski ulaz ne koriste tekst, već sliku i ples, respektivno, te se u tom smislu ne mogu porediti s pristupom predloženim u ovoj disertaciji.

S druge strane, bezmalo nijedan sistem opisan u Odeljku 2.1 (koji je posvećen prepoznavanju emocija izraženih u tekstu) nije kreiran s težnjom da se uočene emocije iskomuniciraju, izraze ili evociraju. Izuzetak je projekat *Aesthtiscope* (Liu et al., 2003): služeći se pristupom koji je zasnovan na pravilima i bazi znanja, *Aesthetiscope* prepoznaje afektivne sadržaje izražene u tekstu i generiše animiranu matricu boja, za koju bi se moglo reći da ima i evokativnu ulogu. Međutim, glavni nedostatak ovog projekta je evaluacija; bez kvalitetne evaluacije ne može se zaključiti da li je projekat uspešan u kontekstu odgovora na postavljene izazove.

Ukoliko se, pak, izazovi koje je navela Picard (2003) posmatraju ponaosob, u kontekstu svakog od njih mogu se pronaći otvoreni istraživački problemi.

Za početak, nijedna tehnika u oblasti prepoznavanja emocija izraženih u tekstu nije u potpunosti efektivna. Sudeći po objavljenim rezultatima, nivoi tačnosti (*accuracy levels*) tehnika za prepoznavanje emocija izraženih u tekstu variraju između 45 i 90 procenata (Seol et al., 2008; Neviarouskaya et al. 2011; Alm et al., 2005; Aman & Szpakowicz, 2007; Chuang & Wu, 2004; Yuan & Purver, 2012; Calix et al., 2010; itd). Treba imati u vidu, pak, da navedene tehnike koriste različite metode i tekstualne korpuse za evaluaciju. Domeni su im takođe različiti: variraju od tekstualne komunikacije na Vebu, do kratkih priča i bajki. S obzirom na to, teško je reći u kojoj su meri navedeni nivoi tačnosti uporedivi.

Iako su emotikoni počeli masovnije da se koriste u pristupima posvećenim analizi sentimenata (npr. Carvalho et al., 2009; Purver & Battersby, 2012; Yuan & Purver, 2012), ovi tipografski simboli i dalje se relativno retko koriste u kontekstu prepoznavanja složenijih tipova emocija (koriste ih, primera radi, autori poput Neviarouskaya et al., 2011). Nedostaje standardni model ili pristup prepoznavanju emocija izraženih u tekstu koji bi definisao upotrebu emotikona. Takođe nedostaju istraživanja koja bi potvrdila (ili opovrgla) značaj emotikona za prepoznavanje složenijih tipova emocija izraženih u tekstu.

U oblasti modelovanja emocija (drugi izazov koji navodi Picard) ne postoji konsenzus oko univerzalnog modela emocija⁹. Sanchez-Rada i Iglesias (2013), kao i Schroder et al. (2007), brane tezu da takva standardizacija nije ni moguća, te da treba težiti fleksibilnosti kada se radi o emocionalnim modelima. Pritom je malo projekata koji svoj pristup prepoznavanju emocija izraženih u tekstu kombinuju sa mogućnostima koje pruža semantička anotacija i paradigma Povezanih podataka. Kao posledica toga uvida se nedostatak interoperabilnosti već postojećih softverskih resursa, korpusa i modela, kao i nedostatak sinergetskog efekta u kontekstu istraživačkih, inženjerskih i dizajnerskih zajednica.

Istina, postoje autori koji posežu za WordNet-om (Esuli & Sebastiani, 2006; Strapparava et al., 2006); međutim baza WordNet, premda u širem smislu jeste izvesna vrsta semantičkog grafa, ne uklapa se u paradigmu Semantičkog Veba i Povezanih podataka, i u principu ne obezbeđuje interoperabilnost. Tek su skorašnji projekti poput BabelNet-a (Navigli & Ponzetto, 2012), Lemon-a (McCrae et al., 2011), EuroSentiment-a (Buitelaar et al., 2013) i Onyx-a

⁹ Treba istaći da je modelovanje emocija u kontekstu simulacija kognitivnih procesa izvan opsega ovog rada. Modeli emocija o kojima je u ovoj disertaciji reč odnose se na tipologije kojima se služe algoritmi za prepoznavanje emocija, kako bi kategorizovali i označili prepoznate afekte.

(Sanchez-Rada & Iglesias, 2016) omogućili integraciju WordNet-a sa tehnologijama Semantičkog Veba.

Još jedan izazov koji navodi Picard odnosi se na izražavanje emocija. U kontekstu ovog rada, obrađuje se evokativna generativna vizuelizacija emocija kao jedan od vidova računarskog izražavanja emocija. U toj oblasti primetan je nedostatak empirijskih studija i, šire uzev, empirijskog pristupa.

Primeru radi, palete boja koje se koriste u projektima navedenim u Odeljcima 2.3.2 i 2.3.3 po pravilu nisu zasnovane na empirijskim istraživanjima, već na subjektivnim procenama istraživača, inženjera i dizajnera. Što se pokreta i oblika tiče, primetan je istraživački trend da se proučavaju njihovi objektivni efekti na korisnike ili gledaoce (npr. Bartram i Nakatani, 2010; Lockyer et al., 2011; Lockyer & Bartram, 2012). Međutim, ova istraživanja su tek u početnoj fazi; daleko su od toga da se na osnovu njih može formirati neka vrsta “objektivnog” vizuelnog jezika za potrebe evokativne vizuelizacija u kontekstu afektivnih sistema.

Automatski emocionalni avatari kreiraju se s ciljem da emocije predstave, ali i da ih pobuđuju; u tom pogledu, i avatari se mogu tretirati kao izvesna vrsta evokativne vizuelizacije emocija. Iako su avatari nesumnjivo popularni u oblasti afektivnog računarstva, uočljiv je nedostatak istraživačkih studija koje bi potvrdile opravdanost preimućstva afektivnih sistema zasnovanih na figurativnoj grafici, u koju spada i avatarska (nasuprot, primera radi, apstraktne grafike). Skorašnje studije, među kojima je najvažnija ona koju su realizovali autori Neviarouskaya et al. (2010), pokazuju da kvalitet korisničkog iskustva sistema sa automatskim emocionalnim avatarima ni po jednom od razmatranih kriterijuma nije bolji od onog kad se koriste neemocionalni avatari. Sudeći po objavljenim radovima, nijedna dosadašnja studija nije poredila evokativne kvalitete avatara u odnosu na druge forme vizuelizacije emocija, kao što je apstraktna generativna animacija.

Uopšte uzev, može se zaključiti da postoji nedostatak empirijskih evaluacionih studija u oblasti evokativne vizuelizacije emocija, bilo da se radi o bojama, oblicima i pokretima, ili o njenim figurativnim i apstraktnim svojstvima.

3.2 Istraživačka pitanja

Shodno predmetu ovog rada (istraživanje i razvoj novog pristupa za prepoznavanje, semantičku anotaciju i evokativnu vizuelizaciju emocija izraženih u tekstu) i identifikovanim otvorenim pitanjima u relevantnim oblastima, definisana su istraživačka pitanja (IP), koja se mogu podeliti u dve grupe:

- (a) ona koja se odnose na prepoznavanje i anotaciju emocija izraženih u tekstu (IP_{PA});
- (b) ona koje se odnose na vizuelizaciju i izražavanje emocija (IP_V).

3.2.1 Istraživačka pitanja koja se odnose na prepoznavanje i anotaciju emocija

Istraživačka pitanja koja se odnose na prepoznavanje i anotaciju emocija izraženih u tekstu kontekstualizovana su u odnosu na domen svakodnevne masovne komunikacije putem Veba; ova komunikacija strukturirana je pomoću kratkih tekstualnih fragmenata, poput komentara na Vebu, razgovora putem četa (instant-poruka u realnom vremenu), tvitova (mikročlanaka), itd.

Prethodna istraživanja – recimo, radovi autora Peris et al. (2002), kao i Boucouvalasa i Zhea (2002) – pokazala su da ovakva vrsta komunikacije može biti podsticajna za društvene odnose. Sudeći po rezultatima istraživanja Boucouvalasa i Zhea, korisnici smatraju da je četa medij sposoban za bogatu, raznovrsnu i kvalitetnu komunikaciju.

Konkretno, ova disertacija namenjena je istraživanju mogućnosti prepoznavanja emocija u jednoj rečenici. Umesto rečenice, kontekst istraživanja može se proširiti i na jedan tvit ili jedan fragmet teksta sa četa. Analiza dužih tekstualnih celina, poput jednog pasusa, poglavlja, priče, članka ili eseja, izvan je okvira ovog istraživanja.

U kontekstu prepoznavanja i anotacije emocija izraženih u tekstu, postavljena su sledeća istraživačka pitanja (IP_{PA}):

IP_{PA1} – Da li su performanse novog hibridnog pristupa prepoznavanju emocija u tekstu – koji uzima u obzir leksikon reči, leksikon emotikona, skraćenica i kolokvijalizama na Vebu, kao i skup heurističkih pravila – uporedive sa ljudskim performansama, u kontekstu procene vrste i intenziteta emocija izraženih u kratkim tekstovima? Drugim rečima, postavlja se pitanje sličnosti (bliskosti) između, s jedne strane, emocionalnih tipova i težina koje generiše pomenuti pristup i, s druge strane, emocionalnih tipova i težina koje bi istom korpusu (kratkim tekstualnih sadržaja) pridružili ljudi.

IP_{PA2} – Da li se uključivanjem emotikona (zajedno sa skraćenicama i kolokvijalizmima) u značajnoj meri unapređuju tačnost prepoznavanja emocija izraženih u tekstu, u odnosu na slučaj kada se za prepoznavanje emocija koristi samo rečnik?

IP_{PA3} – Da li su i u kojoj meri performanse opisanog novog hibridnog pristupa bolje u odnosu na konkurentne pristupe u oblasti? Drugim rečima, može li opisan hibridni pristup, u kontekstu svoje oblasti, unaprediti kvalitet prepoznavanja emocija izraženih u tekstu?

Osim toga, treba istaći da utvrđivanje granične linije između emocionalnih i neutralnih rečenica nije deo ovih istraživačkih pitanja. Distinkcija između

neutralnosti i emocionalnosti – kao što, primera radi, pokazuje studija autorke Alm (2009) – često je nejasna, neprecizna i različita za različite osobe. Namera istraživačkih pitanja u ovoj disertaciji jeste da proceni, ukoliko rečenica jeste emocionalna, u kolikoj meri predloženi algoritam može tačno da prepozna i anotira njene emocionalne tipove i težine.

3.2.2 Istraživačka pitanja koja se odnose na vizuelizaciju i izražavanje emocija

Polazeći od pretpostavke da generativna apstraktna animacija (dakle, grafika koja nema figurativne elemente) može da, uopšte uzev, unapredi kvalitet korisničkog doživljaja (Bartram i Nakatani, 2010; Lockyer et al., 2011), za potrebe istraživanja u ovom radu definisani su sledeći pristupi vizuelizaciji i izražavanju emocija prepoznatih u tekstu:

- (1) apstraktna generativna vizuelizacija, koja se prevashodno služi bojom da opiše tip i intenzitet prepoznate emocije;
- (2) apstraktna generativna vizuelizacija, koja se služi bogatijim repertoarom nefigurativnog animiranog vizuelnog jezika (bojama, oblicima i pokretima) kako bi predstavila tip i intenzitet prepoznate emocije;
- (3) emocionalni animirani avatari figurativnog tipa, koji automatski menjaju izraze lica shodno tipu i intenzitetu prepoznate emocije;
- (4) standardni animirani emotikoni, takode figurativnog tipa, koji se biraju manuelno.

Apstraktni pristupi (1) i (2) definisani su i implementirani u okviru ove disertacije, dok su figurativni pristupi (3) i (4) odabrani kao poredbeni. Odabrani su upravo emotikoni i automatski emocionalni avatari, jer su u pitanju standardni oblici vizuelizacije emocija na Vebu (više detalja o emotikonima i avatarima izneto je u Odeljku 2.3.3). U tom smislu, na njih se može gledati kao na vrstu referentne tačke ili repera (*baseline*).

U odnosu na navedena četiri pristupa vizuelizaciji i izražavanju emocija, definisana su sledeća istraživačka pitanja (IP_V):

IP_{V1} – Da li su i u kolikoj meri korisnici u stanju da razgraniče tipove emocija kada su one predstavljene pristupom (2), generativnim apstraktnim vizualima kojima se boja, oblik i pokret prilagođavaju tipu i intenzitetu prepoznatih emocija? Drugim rečima, da li je apstraktna vizuelizacija ovog tipa u stanju da iskomunicira one emocionalne tipove koje je dizajnirana da predstavi? Uz to, da li

se različiti oblici ovakvih generativnih apstraktnih vizuala, prilagođeni za svaki tip emocije, razlikuju u svojoj mogućnosti da iskomuniciraju svoj tip emocije?¹⁰

IP_{V2} – Da li se i u kolikoj meri pristupi vizuelizaciji (1), (2), (3) i (4) međusobno razlikuju u kontekstu korisničke percepcije kvaliteta komunikacije emocija?

IP_{V3} – Da li se i u kolikoj meri pristupi vizuelizaciji (1), (2), (3) i (4) međusobno razlikuju u kontekstu korisničke percepcije kvaliteta evokacije emocija (pobuđivanja emocija u korisniku)?

IP_{V4} – Da li se i u kolikoj meri pristupi vizuelizaciji (1), (2), (3) i (4) međusobno razlikuju u kontekstu sveopšteg korisničkog zadovoljstva pri interakciji sa vizuelizacijom?

Detalji vezani za istraživačku metodologiju i plan evaluacije (kako za istraživačka pitanja IP_{PA}1-3, tako i za IP_V1-4) dati su u Poglavlju 6, koje je posvećeno testiranju hipoteza i evaluaciji sistema kojim je ilustrovan pristup predložen u ovoj disertaciji.

3.3 Predlog rešenja

Kako bi se odgovorilo na postavljena istraživačka pitanja – a u cilju unapređenja, obogaćenja i humanizacije korisničkog iskustva na Vebu – razvijen je nov pristup prepoznavanju, semantičkoj anotaciji i evokativnoj vizuelizaciji emocija izraženih u tekstu. Ovo rešenje uzima u obzir sve izazove koje navodi Picard (osim računarske etike), povežavši ih u jedinstven pristup.

Prvi deo predloženog rešenja, koji se odnosi na prepoznavanje i semantičku anotaciju emocija izraženih u tekstu, adresira istraživačka pitanja IP_{PA}1–3. Radi se o novom, hibridnom pristupu, koji se služi poluautomatski kreiranim leksikonom ključnih reči, manuelno kreiranim leksikonom emotikona, skraćenica i kolokvijalizama, kao i skupom formalizovanih heurističkih pravila.

Drugi deo rešenja, koji se odnosi se na evokativnu vizuelizaciju i izražavanje emocija, razvijen je kako bi se odgovorilo na istraživačka pitanja IP_V1–4. U pitanju je generativni pristup vizuelizaciji, ilustrovan pomoću dva apstraktna vizuelna sistema: (1) vizuelizacijom koja tipove i intenzitete emocija prvenstveno

¹⁰ Ovo pitanje ne postavlja se za pristup vizuelizaciji tipa (1), jer se ovaj pristup odnosi na palete boja koje već proističu iz empirijskih studija za verifikaciju veze između Ekmanovih tipova emocija i datih paleta. Ovaj rad pomenute empirijske studije uzima kao kredibilne, smatrajući da bi dodatna verifikacija njihovih rezultata bila izvan okvira ovog istraživanja.

reprezentuje paletama boja; i (2) vizuelizacijom koja tipove i intenzitete emocija predstavlja bojama, oblicima i pokretima.

Pritom se tekst i slika (tj. vizuelizacija, generativna pokretna slika) povezuju dinamički, mapiranjem emocija prepoznatih u tekstu (prvi deo pristupa) na generativne animacije evokativnog karaktera (drugi deo pristupa). U tehničkom smislu, mapiranje se vrši na osnovu semantičkih anotacija ove dve vrste medija.

Detalji vezani za dizajn predloženog rešenja dati su u Poglavlju 4.

3.3.1 Prepoznavanje i anotacija emocija izraženih u tekstu

U kontekstu analize emocija, odnosno istraživačkih pitanja IP_{PA}1–3, predloženo rešenje fokusira se na emocije izražene u tekstu na engleskom jeziku. Kao medij, izabran je tekst jer se suštinski deo komunikacije na Vebu i dalje javlja u obliku teksta. Sem toga, engleski jezik je dominantan globalni jezik, za koji postoji najviše leksičkih baza podataka, korpusa, primera, kao i istraživačkih i softverskih resursa uopšte. Odabir engleskog jezika, takođe, omogućuje široku primenu predloženog rešenja.

Klasifikacija kratkog teksta (rečenice, tvita ili tekstualnog fragmenta sa četa) vrši se u odnosu na šest Ekmanovih emocionalnih kategorija: radost, tuga, strah, bes, gađenje i iznenađenje (Ekman, 1993). Računar procenjuje emocionalne težine za svaki tip emocije (numeričke faktore koji pokazuju koliko je emocija intenzivna) i formira numerički vektor koji se sastoji od 6 vrednosti. Ovaj vektor koristi se i za utvrđivanje dominantnog tipa emocije (onog tipa čija težina ima najveću vrednost), kao i za izračunavanje sveukupne emocionalne valence. Emocionalna valenca odnosi se na polaritet emocije: da li je ukupna emocija u celoj rečenici pozitivna, negativna ili neutralna¹¹.

Algoritam vrši klasifikaciju emocija na osnovu hibridne metodologije, koja se sastoji iz pristupa oslonjenog na ključne reči i tehnike zasnovane na heurističkim pravilima. Prepoznavanje ključnih reči bazirano je na upotrebi dva leksikona:

- (a) leksikona reči, koji sadrži reči i izraze sa emocionalnim značenjem, a koji je generisan poluautomatski, uz pomoć WordNeta-a, leksičke semantičke mreže za engleski jezik (Miller, 1990);

¹¹ Ukoliko vrednost celokupnog vektora iznosi nula ili blizu nuli, u ovom radu se smatra da je čitava rečenica emocionalno neutralna, tj. neemocionalna. Ostavlja se mogućnost da korisnici softvera (drugi inženjeri ili dizajneri) utvrde vlastiti kriterijum (prag) za neutralnost.

- (b) leksikona emotikona, koji uz emotikone sadrži i rasprostranjene skraćenice i kolokvijalizme, a koji je kreiran manuelno.

Koristeći ove leksikone zajedno sa skupom heurističkih pravila, algoritam određuje emocionalni vektor i emocionalnu valencu za ulaznu rečenicu. Detalji u vezi s algoritmom izneti su u Poglavlju 4.

Nakon toga, računarski program anotira ulaznu rečenicu semantičkom anotacijom koja sadrži podatke o emocionalnom vektoru. Ova anotacija, bazirana na ontologiji Onyx (Sanchez-Rada & Iglesias, 2016), omogućuje dinamičko mapiranje teksta na vizuelizaciju.

Predloženi pristup podrazumeva bazu manuelno semantički anotiranih vizuelizacija, označenih u skladu sa vokabularom Schema.org¹². Za svaku ulaznu rečenicu, anotacije omogućuju dinamičko povezivanje, odnosno mapiranje u realnom vremenu, emocija izraženih u tekstu sa adekvatnim generativnim vizuelizacijama.

Tabela 1 prikazuje razlike između predloženog pristupa za prepoznavanje emocija u tekstu i konkurentnih pristupa u oblasti. Pristupi su analizirani u odnosu na sledeće kategorije:

- (1) tip klasifikacije emocija: da li se radi o analizi sentimenata ili prepoznavanju složenijih emocija, te ukoliko se radi o potonjem pristupu, da li se koristi Ekmanova ili neka druga podela emocija;
- (2) metoda prepoznavanja emocija: da li je u pitanju prepoznavanje ključnih reči, statistička tehnika ili nešto treće; ukoliko se radi o prepoznavanju ključnih reči, da li se koriste numerički faktori i da li je leksikon generisan automatski ili poluautomatski;
- (3) osobine metode za prepoznavanje emocija u tekstu: da li se koriste emotikoni i skraćenice, da li je metoda zasnovana na formalnim pravilima, da li se služi WordNet-om;
- (4) evaluacija algoritma za prepoznavanje emocija izraženih u tekstu: dostupnost anotiranog korpusa za evaluaciju;
- (5) aplikacije: da li je softver, kojim je pristup ilustrovan, dostupan na Webu, da je besplatan, da li je otvorenog koda, da li koristi semantičke tehnologije, da li uključuje i vizuelizaciju, i postoje li realne aplikacije koje su bazirane na njemu.

¹² <http://schema.org/>

U kontekstu aplikacija, sudeći po objavljenim istraživanjima, jedino su softver koji implementira pristup iz ove disertacije (Synesketch, verzija 2.0) i ConceptNet (Liu & Singh, 2004) u potpunosti besplatne i na Vebu dostupne softverske biblioteke otvorenog koda za prepoznavanje emocija. Međutim, trenutno dostupna i otvorena verzija ConceptNet-a¹³ ne uključuje komponentu prepoznavanja emocija izraženih u tekstu. Radovi Purvera i Battersbya (2012) i Yuana i Purvera (2012) podrazumevaju i softver dostupan na Vebu, ali sa ograničenim svojstvima. Njihova biblioteka (API), naime, nije otvorenog koda i samo je osnovna verzija softvera besplatna.

U oblasti analize sentimenata postoji više raspoloživih softverskih biblioteka. Recimo, softverski sistemi zasnovani na pristupima autora Go et al. (2009) i autora Thelwall et al. (2010) raspoloživi su na Vebu. Prvi softver nije besplatan, dok je samo bazična verzija potonjeg besplatna.

U odnosu na postojeće pristupe predstavljene u Tabeli 1, jedino se softver koji implementira pristup predložen u ovom radu služi semantičkim tehnologijama u svrhu anotacije emocija.

¹³ <http://conceptnet5.media.mit.edu/>

Tabela 1. Razlike između pristupa predloženog u ovom radu i drugih pristupa. Legenda: x¹ – Samo je osnovna verzija softvera besplatna; x² – Sofver je dostupan na Vebu samo sa ograničenim svojstvima (na primer, analiza sentimenata umesto prepoznavanja emocija ili bez nekih emocionalnih kategorija); x³ – Softver ima besplatnu osnovnu verziju, koja je dostupna samo za akademska istraživanja.

	Predloženi pristup i sofver	(Elliott, 1992)	(Boucoulvalas & Zhe, 2002)	(Subasic & Huettner, 2001)	(Ma et al., 2005)	(Olveres et al., 1998)	(Devillers et al., 2002)	(Mishne, 2005)	(Alm et al., 2005)	(Aman & Szpakowicz, 2007)	(Katz et al., 2007)	(Strapparava & Mihalcea, 2007)	(Leshed & Kaye, 2006)	(Neviarouskaya et al., 2011)	(Seol et al., 2008)	(Liu et al. 2003; 2004)	(Calix et al., 2010)	(Chuang & Wu, 2004)	Purver & Batterby, 2012)	(Yuan & Purver, 2012)	(Keshtkar, 2011)	(Francisco & Gervas, 2012)	(Go et al., 2009)	(Pak & Paroubek, 2010)	(Thelwall et al., 2010)	(Mihalcea & Liu, 2006)	(Read, 2005)	(Carvalho et al., 2009)
Tip klasifikacije																												
1. Analiza sentimenata																							x	x	x	x	x	x
2. Prepoznavanje emocija: Ekmanovih 6 tipova	x		x		x				x	x	x	x				x	x	x	x	x	x							
3. Prepoznavanje emocija: druga podela		x		x		x	x	x					x	x	x		x				x	x						
Metoda prepoznavanja emocija																												
1. Prep. ključnih reči	x	x	x	x	x	x	x						x	x	x	x		x			x	x			x	x		x
1.1. Numeričke težine reči	x			x	x	x	x							x				x				x			x			
1.2. (Polu)autm. leksikon	x				x								x								x				x			x
2. Statističke metode								x	x	x	x	x		x		x		x	x	x		x	x	x	x	x	x	
3. Drugi pristupi		x		x			x								x	x										x		
Osobine metode																												
1. Emotikoni/skraćenice	x												x					x	x	x		x	x	x		x	x	x
2. Bazirana na pravilima	x				x	x	x						x	x				x				x		x	x			x
3. Koristi WordNet	x				x				x	x		x				x					x	x						
Evaluacija																												
Dostupnost baze podataka	x								x			x																
Aplikacije																												
1. Besplatan softver	x														x				x ¹	x ¹							x ³	
2. Dostupan na Vebu	x																		x ²	x ²			x		x			
3. Otvorenog koda	x														x													
4. Primena van akademije	x		x		x								x		x				x	x			x		x			
5. Semantičke tehnologije	x																											
6. Vizuelizacija	x				x	x							x		x	x			x	x			x		x			

3.3.2 Vizuelizacija emocija izraženih u tekstu

Predložen pristup za evokativnu vizuelizaciju emocija, kojim se adresiraju istraživačka pitanja IP_V1–4, crpi inspiraciju iz kulture generativne umetnosti i algoritamske animacije. Koristeći evokativnu snagu apstraktne likovnosti, predloženi pristup teži da obogati i unapredi iskustvo korisnika (*User Experience*) u komunikaciji i interakciji na Vebu.

Konkretnije, pristup nastoji da omogući: (a) komunikaciju emocija, sposobnost vizuelizacije da prenese i predstavi emocije korisnicima; (b) evokaciju (pobuđivanje) emocija, sposobnost vizuelizacije da pobudi, izazove i stimuliše emocije u korisnicima; i (c) opšte zadovoljstvo korisnika. Poslednja kategorija, opšte zadovoljstvo korisnika, obuhvata više faktora: kvalitet odziva sistema (*responsiveness*), ometajuće efekte sistema (*distractive features*), njegove estetske kvalitete, opštu satisfakciju korisnika, kao i spremnost korisnika da vizuelizaciju koriste u komunikaciji i interakciji u realnom životu.

U širem kontekstu oblasti vizuelizacije podataka, umetnička kultura stoji nasuprot pragmatičkoj i analitičkoj kulturi vizuelizacije¹⁴. Uopšte uzev, umetnička vizuelizacija podstiče ličnu refleksiju i insistira na metaforčkom i poetskom karakteru vizuala više nego na preciznosti i kvalitetu komunikacije informacija. Premda umetnički karakter vizuelizacije može da je učini kognitivno manje efektivnom (Sack, 2011), ova disertacija zastupa stav da vizuelizacija mora donekle biti umetnička, interpretativna ili sublimna (Kosara, 2007) kako bi evocirala emocije u korisnicima. Uprkos popularnosti avatara i emotikona – čija figurativnost obezbeđuje potencijalno efektivniju komunikaciju – ovaj rad brani tezu da su generativna umetnost i umetnička vizuelizacija bolje rešenje za izazivanje (evociranje) emocija u korisnicima. Pošto su emocije, u pogledu komunikacije, inherentno višeznačne, neprecizne i zavisne od kulturnog konteksta, u ovom radu polazi se od premise da emocije treba da budu prikazane na suptilniji, manje figurativan način.

Po svojoj tehničkoj prirodi, generativna animacija je parametarska, utoliko što je zasnovana na skupu parametara koji određuju njene vizuelne odlike (boju, oblik, teksturu, ritam, tempo, itd). Predloženi pristup uključuje anotiranu biblioteku vizuelizacija. Na osnovu emocija anotiranih u tekstu, računarski program pretražuje raspoložive vizuelizacije; pritom je tip emocije glavni kriterijum za povezivanje teksta i vizuala. Primera radi, snažna emocija besa dinamički se povezuje sa paletom jarko crvenih boja i brzim radijalnim linijama.

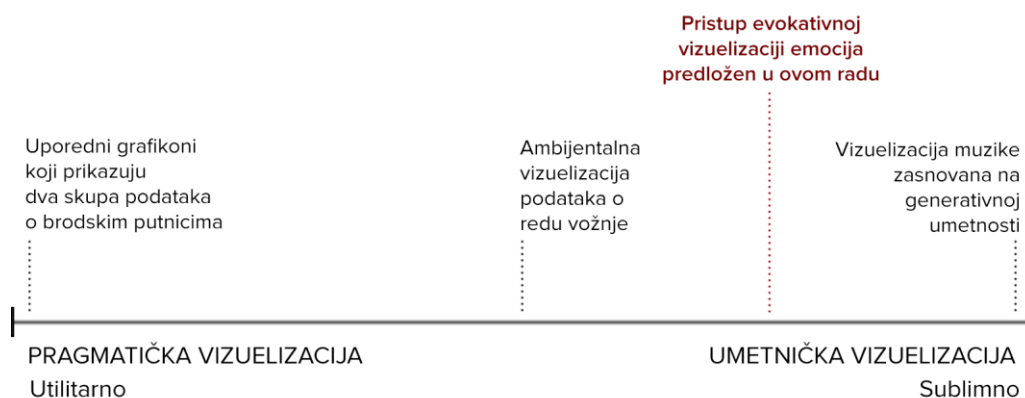
U okviru predloženog pristupa, razvijena su dva sistema za vizuelizaciju:

¹⁴ Za više detalja o ovima dvema kulturama, čitalac se upućuje na Odeljke 2.3.1 i 2.3.2.

- (a) generativni apstraktni sistem Hoolooovo, koji implementira pristup zasnovan prevashodno na boji; Hoolooovo je dizajniran tako da odgovara vizuelizacionom pristupu (1) iz Odeljka 3.2.2;
- (b) generativni apstraktni sistem Synemania, čiji dizajn kombinuje boje, pokrete i oblike, i koji se smatra glavnim vizuelizacionim sistemom predloženim u ovoj disertaciji; Synemania je dizajnirana tako da odgovara vizuelizacionom pristupu (2) iz Odeljka 3.2.2;

Ovi vizuelizacioni sistemi namenjeni su za testiranje upotrebljivosti apstraktnih vizuelizacija u poređenju sa standardnim figurativnim vizualima: emotikonima i avatarima, odnosno za adresiranje istraživačkih pitanja IP_v1–4 navedenih u Odeljku 3.2.2. Paleta boja ovih sistema zasnovane su na empirijskoj studiji autora Pos i Green-Armytage (2012). Ostali detalji vezani za dizajn sistema Hoolooovo i Synemania mogu se naći u Poglavlju 4, u Odeljcima 4.2.2 i 4.2.3, respektivno.

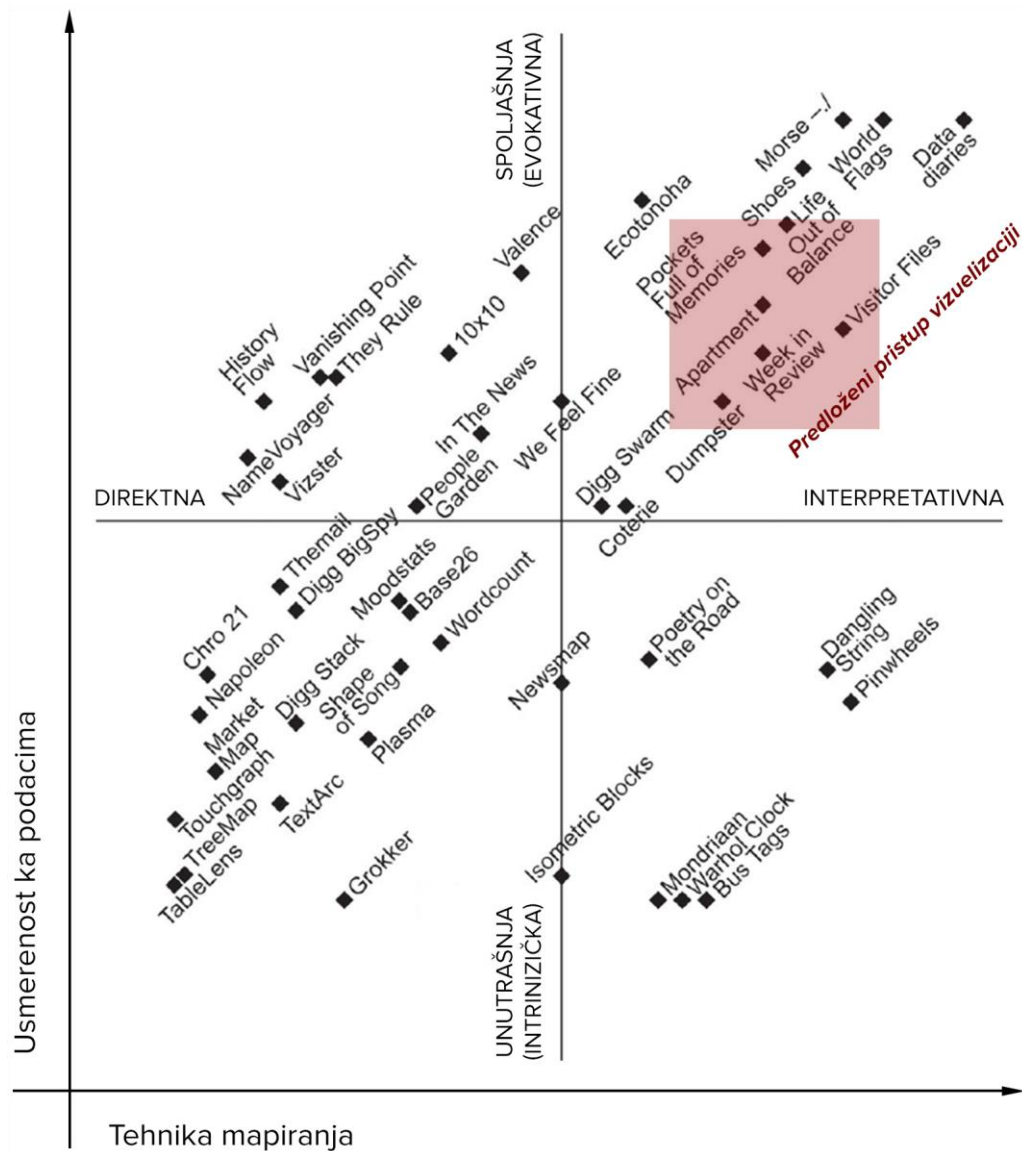
U Kosarinom kontinuumu (Slika 5), na kome se vizuelizacije razmatraju na skali između pragmatičkih (utilitarnih) i umetničkih (sublimnih) vizuelizacija (Kosara, 2007), pristup koji se predlaže u ovom radu našao bi se blizu umetničkog (sublimnog) pola. Konkretno, predloženi pristup mogao bi se locirati između središnje vizuelizacije, koja na ambijentalan način prikazuje autobuski red vožnje, i krajnje vizuelizacije, koja se služi generativnom grafikom kako bi ilustrovala muzičke numere (Slika 22).



Slika 22. Pozicija pristupa evokativnoj vizuelizaciji predloženog u ovom radu na Kosarinom kontinuumu (Kosara, 2007) između pragmatičkih i umetničkih vizuelizacija

Krajnje desna, muzička vizuelizacija zasnovana je na generativnoj grafici; međutim, njeni oblici nisu namenjeni da iskomuniciraju bilo kakve informacije, već samo da pobuđuju estetske doživljaje. Stoga se može reći da pristup predložen u ovom radu nije na samom polu, već teži ka sredini – jer je uz dodatne informacije o mapiranju ipak podložan donekle objektivnoj interpretaciji (premda ne u onolikoj meri objektivnoj interpretaciji kakvu omogućuje središnja vizuelizacija autobusnog reda vožnje).

U okviru modela estetike informacija, koji definišu Lau i Moere (2007), pristup vizuelizaciji predložen u ovom radu mogao bi se aproksimativno pozicionirati u gornjem desnom kvadrantu, u okviru zatamnjenog crvenog kvadrata (Slika 23). U pogledu usmerenosti ka podacima, predloženi pristup mogao bi se svrstati u evokativne vizuelizacije (koje odgovaraju Kosarinim umetničkim). Što se tiče tehnike mapiranja, predloženi pristup insisitira na metaforičkom i indirektnom tumačenju, te bi otuda našao svoje mesto na interpretativnoj strani.



Slika 23. Aproksimativna pozicija pristupa evokativnoj vizuelizaciji predloženog u ovom radu u okviru modela informacione estetike koji su definisali Lau i Moere (2007)

3.4 Očekivan opšti, istraživački i društveni doprinos

Opšti očekivan doprinos ove disertacije odnosi se na celovit pristup afektivnom računarstvu, koji istovremeno uzima u obzir i prepoznavanje, i modelovanje, i komunikaciju, i evokaciju emocija, s namerom da postigne sinergetski efekat u kontekstu interakcije čoveka i računara.

Konkretni očekivani naučno-istraživački doprinosi ove disertacije mogu se podeliti u skladu s podelom istraživačkih pitanja:

- (a) očekivan doprinos koji se odnosi na prepoznavanje i anotaciju emocija izraženih u tekstu – u skladu sa odgovorima na istraživačka pitanja IP_{PA}1–3;
- (b) očekivan doprinos koji se odnosi na vizuelizaciju i izražavanje emocija – u skladu sa odgovorima na istraživačka pitanja IP_V1–4.

Konkretno, očekivan istraživački doprinos u domenu prepoznavanja i anotacije emocija sastoji se u formulaciji novog hibridnog pristupa, tj. algoritma čije su performanse bliske ljudskim (odgovor na pitanje IP_{PA}1) i konkurentne u odnosu na uporedive sisteme u oblasti (odgovor na pitanje IP_{PA}3). Takođe, očekivan doprinos sastoji se u potvrđivanju značaja i leksikona reči i leksikona emotikona, skraćenica i kolokvijalizama za potrebe prepoznavanja emocija izraženih u tekstu (odgovor na pitanje IP_{PA}2).

Što se tiče domena vizuelizacije i izražavanja emocija, očekivan istraživački doprinos sastoji se u kreiranju novog pristupa evokativnoj vizuelizaciji emocija, zasnovanog na generativnoj apstraktnoj grafici, koji je u stanju da komunicira emocije (odgovori na pitanje IP_V1 i IP_V2), pobuđuje emocije (odgovor na pitanje IP_V3) i obezbedi kvalitetno opšte zadovoljstvo korisnika (odgovor na pitanje IP_V4) u poređenju sa standardnim vizuelnim pristupima u oblasti (avatarima i emotikonima).

Za razliku od brojnih pristupa u oblasti koji nisu empirijski validirani, oba pristupa predložena u ovom radu validirana su kroz empirijske studije. Na ovaj način, disertacija pokušava da odgovori na istraživački problem nedostatka ne samo empirijskih rezultata u oblasti, nego i empirijskih metodologija kojima se pristupi mogu porediti i analizirati.

Najzad, predloženi pristup implementiran je u obliku softverskog rešenja Synesketch (verzija 2.0). Softver je objavljen na Vebu kao besplatna softverska biblioteka otvorenog koda, licencirana za slobodno korišćenje i namenjena široj zajednici istraživača, inženjera, dizajnera i umetnika. Prva verzija softvera postavljena je na Veb 2008. godine. Od tada do danas Synesketch su koristili

mnogi istraživači, inženjeri i dizajneri u razne svrhe – od istraživačkih do aplikativnih, od pragmatičkih do umetničkih (za detalje pogledati Odeljak 7.2). Višestruki primeri primene u različitim domenima potvrđuju praktičnu vrednost predloženog pristupa, te se otuda objavljeni softver može smatrati dodatnim društvenim doprinosom ove disertacije.

Deo očekivanog društvenog doprinosa leži u činjenici da poslednja verzija softvera Synesketch koristi semantičke tehnologije za anotaciju i reprezentaciju emocija. Sudeći po konkurentnim sistemima u oblasti (Tabela 1), ovo je jedini softver otvorenog koda licenciran za slobodno korišćenje koji koristi semantičke tehnologije i paradigmu Povezanih podataka. Povećanom interoperabilnošću, mašinskom čitljivošću i mogućnostima povezivanja sa drugim bazama otvorenih Povezanih podataka, potencijalno se šire mogućnosti primene objavljenog softvera. Time se još jednom ističe težnja ka bližem povezivanju istraživača, inženjera i dizajnera čiji se rad dotiče oblasti afektivnog računarstva.

4 Dizajn

Ovo poglavlje posvećeno je detaljnom prikazu predloženog pristupa afektivnom računarstvu, tj. pristupa prepoznavanju, anotaciji i vizuelizaciji emocija izraženih u tekstu. Na osnovu dizajna izloženog u ovom poglavlju, implementiran je softverski sistem Synesketch (verzija 2.0), predstavljen u Poglavlju 5.

U skladu s konceptom predloženog pristupa, naziv “Synesketch” osmišljen je kao kovanica reči “sinestezija” (*synesthesia*) i “skeč” (*sketch*). Sinestezija se odnosi na “ujedinjenje čula”, neurološki fenomen koji doživljavaju određene osobe, *sinestete*, kod kojih dolazi do povezivanja čula različitih modaliteta. Na primer, neke sinestete mogu da, čuvši zvukove, evociraju osećaj dodira, druge mogu da brojeve (recimo, dane, mesece i godine) mentalno organizuju u prostorne odnose, a treće da vizuelnim nadražajima evociraju doživljaje čula ukusa. Mnoga dela u istoriji nauke, umetnosti, tehnologije i dizajna nastala su pod uticajem sinestezije ili su bila inspirisana njome (Campen, 2007). U ovoj disertaciji, sinestezija služi kao metafora za transmedijsko mapiranje tekst-emocije-vizuali. U kontekstu generativne umetnosti, afektivnog računarstva i veštačke inteligencije, softver koji je u stanju da prepozna emocije i dinamički ih vizuelizuje mogao bi se nazvati “sinestetskim softverom”.

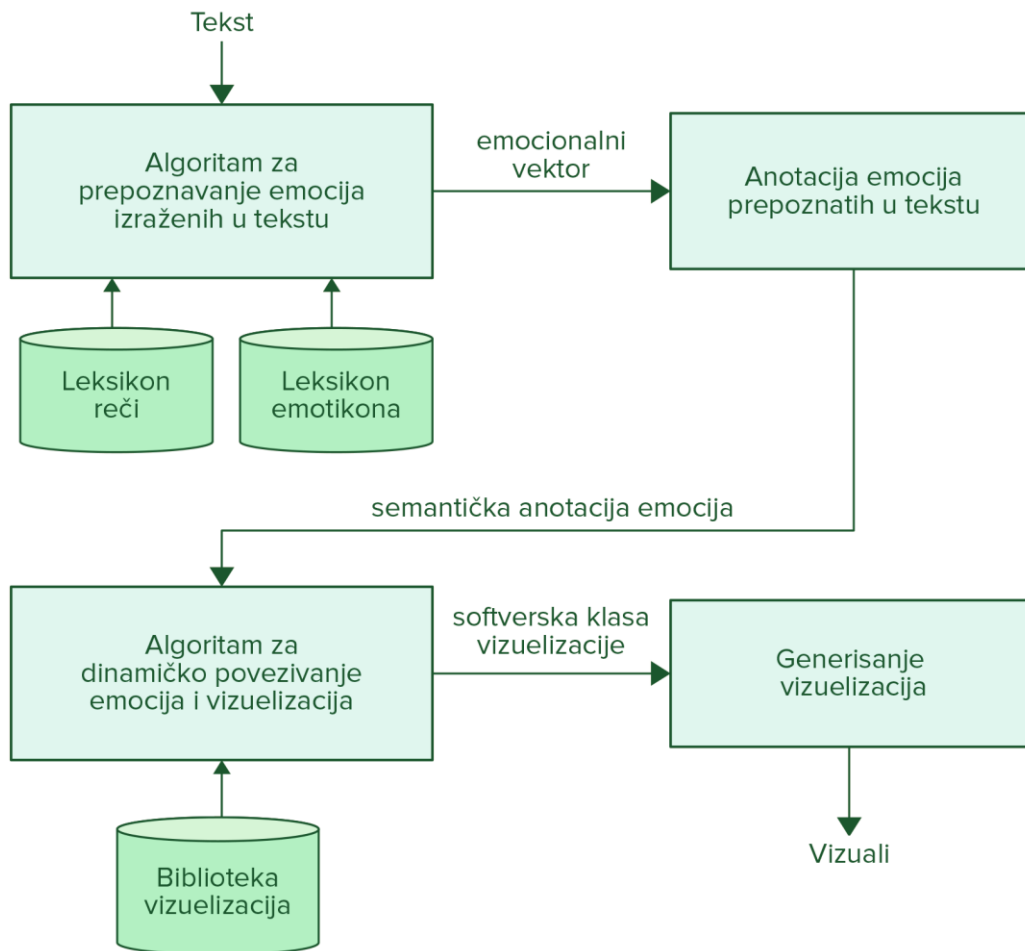
“Skeč” se, pak, odnosi na crtačku skicu, ali i na algoritamske vizuelne radove izrađene u okviru projekta Processing¹⁵. U pitanju je programski jezik zasnovan na Java tehnologiji, kreiran s namerom da programiranje učini pristupačnim alatom za grafičke, dizajnerske, umetničke i medijske projekte (Reas & Fry, 2007). Autori Processing-a, Fry i Reas, nazvali su ove radove skečevima (*sketches*), želeći da ukažu na sličnost između skiciranja u crtanju i skiciranja u vizuelnom programiranju. Softverski sistem Synesketch oslanja se na tehnologiju i koncept projekta Processing, što je detaljno objašnjeno u Poglavlju 5.

Pristup afektivnom računarstvu predložen u ovoj disertaciji podrazumeva proces koji se sastoji iz više koraka (Slika 24). Kao ulazni parametar, predloženi afektivni softverski sistem dobija tekst; kao izlaz, sistem generiše animirane vizuale. Ulazni tekst najpre se analizira uz pomoć algoritma za prepoznavanje emocija, koji je opisan u Odeljku 4.1. Služeći se leksikonom reči i leksikonom emotikona, ovaj algoritam generiše emocionalni vektor, koji sadrži težine za dati tekst u odnosu na svaki tip emocije. Na osnovu emocionalnog vektora kreira se semantička anotacija kojom se opisuje ulazni tekst (Odeljak 4.1.4). Anotacija se potom prosleđuje algoritmu za dinamičko povezivanje teksta i vizuelizacije (Odeljak 4.3).

¹⁵ <https://processing.org/>

Povezivanje podrazumeva da se na osnovu semantičke anotacije emocija iskazanih u tekstu, iz biblioteke semantički anotiranih vizuelizacija bira vizuelizacija koja odgovara prepoznatoj emociji. Naposljetku se vizuali generišu na osnovu softverske klase koja implementira izabranu vizuelizaciju (Odeljak 4.2).

Na ovaj način, pristupi prepoznavanju, anotaciji, vizuelizaciji i izražavanju emocija povezuju se u jedinstven pristup.



Slika 24. Celokupan proces prepoznavanja emocija izraženih u tekstu, anotacije emocija, dinamičkog povezivanja emocija i vizuelizacija, te generisanja konačnih vizuala

4.1 Prepoznavanje i semantička anotacija emocija izraženih u tekstu

Predloženi pristup prepoznavanju i anotaciji emocija izraženih u tekstu zasnovan je na leksikonu ključnih reči, leksikonu emotikona, skraćenicama i kolokvijalizama, kao i na skupu heurističkih pravila. Leksikon reči generisan je poluautomatski, uz pomoć WordNet-a, semantičke leksičke baze za engleski jezik (Miller, 1990). Leksikon emotikona, skraćenicama i kolokvijalizama konstruisan je manuelno. Svakoj

jedinici leksikona (reč ili emotikon) dodeljen je vektor sa šest emocionalnih težina, koje se odnose na šest Ekmanovih tipova emocija (Ekman, 1993). Vrednosti težina kreću se u intervalu $[0, 1]$.

4.1.1 Leksikon reči

Tehnika za generisanje leksikona reči zasnovana je na jednostavnoj ideji, koju su prvi predložili autori Ma et al. (2005): emocionalna težina određene reči preuzete iz WordNet-a može se izraziti kao proporcija između broja emocionalnih značenja te reči i ukupnog broja značenja te reči.

Predložena tehnika polazi od male kolekcije nedvosmisleno emocionalnih reči i koristi ih kao početnu tačku za formiranje većeg skupa emocionalnih reči, kroz prikupljanje leksičkih srodnika reči iz inicijalnog skupa; leksička povezanost se određuje korišćenjem WordNet-a. Pretpostavka predložene tehnike sastoji se u tome da reči semantički bliske inicijalnom skupu (nedvosmisleno) emocionalnih reči i same nose snažniju emocionalnu konotaciju u odnosu na ostale reči.

U cilju kreiranja inicijalne kolekcije reči, organizovana je anketa u kojoj je učestvovalo 20 osoba. Učesnicima je dat zadatak da za svaki od šest Ekmanovih tipova emocija sastave listu od barem 5 reči iz engleskog jezika, koje ih u najvećoj meri i nedvosmisleno asociraju na dati tip emocije. Po završetku formiranja baze prikupljenih reči, identifikovane su one reči koje se, za određeni tip emocije, pojavljuju 3 ili više puta; takve reči smatrane su dobrim indikatorima tipa emocije. Primera radi, za emociju radosti utvrđene su reči poput “srećan” (“happy”) i “lepo” (“beautiful”); za emociju tuge, “usamljen” (“lonely”); za strah, “teror” (“terror”); za gađenje, “buđavo” (“rotten”); za iznenađenje, “odjednom” (“suddenly”), itd.

Potom je vršena automatska pretraga WordNet-a (verzija 1.6), pri čemu su traženi skupovi sinonima (sinseti) za svaku reč iz inicijalne kolekcije reči. U terminologiji WordNet-a, sinset (*synset*) sadrži skup reči koje se odnose na isti pojam; na primer, sinset koji predstavlja engleski pojam “dobro” sadrži reči “good”, “right” i “ripe”. Pošto većina reči ima više od jednog značenja, ona se sadrži u nekolicini sinseta. Algoritam koji automatski generiše leksikon reči sastoji se iz sledećih sukcesivnih koraka:

1. Najpre se kreira 6 (praznih) skupova emocionalnih sinseta S_k ($k \in \mathcal{E}$), kao i (prazan) skup reči \mathcal{W} . \mathcal{E} predstavlja skup šest emocionalnih tipova (radost, tuga, bes, strah, gađenje i iznenađenje); $\mathcal{E} = \{h, sd, a, f, d, su\}$.
2. Za svaku reč iz inicijalnog skupa reči, V_k ($k \in \mathcal{E}$), traže se odgovarajući sinseti iz WordNet-a. Ovi inicijalni sinseti dodaju se u skupove emocionalnih sinseta S_k za svaki emocionalni tip k ($k \in \mathcal{E}$).

3. Prethodni korak ponavlja se d puta. U svakoj iteraciji l ($l = 1, 2, \dots, d$), pretražuje se WordNet: traže se sinseti bliski sinsetima iz S_k , uz pomoć WordNet-ove veze ili pokazivača (*pointer type*) *SimilarTo*. Novi sinseti dodaju se u S_k ($k \in \mathcal{E}$). Međutim, pošto su novi sinseti dobijeni indirektno, za njih se računa kazneni koeficijent p :

$$\begin{aligned} p &= 0.1l \\ l &= 1, 2, \dots, d \end{aligned} \tag{1.1}$$

Ovaj kazneni koeficijent, koji raste u svakoj iteraciji, računa se za svaki sinset j i za svaki tip emocije k ($k \in \mathcal{E}$); p se, tako, označava kao p_{kj} . Logika se zasniva na intuitivnom shvatanju da sinseti koji su semantički bliži incijalnoj kolekciji (emocionalnih) reči imaju i jače emocionalno značenje. Za konačnu verziju algoritma, izabrana vrednost broja iteracija d iznosi 3. Vrednost 0.1, data u jednačini (1.1), kao i $d = 3$, usaglašene su nakon serije eksperimenata, koji su vršeni nad tekstualnim korpusom za testiranje; ovaj korpus sastojao se od 5 rečenica za svaki tip emocije. Važno je napomenuti da ovaj korpus korišćen za testiranje nije onaj koji je kasnije korišćen za evaluaciju. Tokom eksperimenata, varirani su iznosi pomenutih parametara i vršene su konsultacije s drugim istraživačima, dok nije postignut konsenzus oko vrednosti 0.1 i 3.

4. Nakon što se prikupe svi sinseti, reči iz skupova sinseta S_k ($k \in \mathcal{E}$), dodaju se u finalni skup reči, \mathcal{W} . Ukupan broj reči u skupu \mathcal{W} iznosi m .
5. Emocionalne težine w_{ki} ($k \in \mathcal{E}$; $i = 1, 2, \dots, m$) računaju se za svaku reč iz skupa \mathcal{W} . Za datu reč i , algoritam prikuplja sve sinsete iz WordNet-a kojima data reč pripada; takvih sinseta ukupno ima n_i . Neki od ovih sinseta pripadaju skupu emocionalnih sinseta S_k ($k \in \mathcal{E}$); preostali sinseti, premda jesu deo WordNet-a, ne pripadaju skupu emocionalnih sinseta. Emocionalna težina w_{ki} za svaku reč i ($i = 1, 2, \dots, m$) i za svaki tip emocije k ($k \in \mathcal{E}$) računa se kao racio: (a) broja emocionalnih sinseta q_{ki} , za datu reč i , kao i za svaki tip emocije k ($k \in \mathcal{E}$); i (b) ukupnog broja sinseta n_i kojima pripada reč i . U završnom računu za emocionalne težine w_{ki} , ovaj racio umanjuje se uz pomoć prosečne vrednosti kaznenih koeficijenata p , koji za datu reč i iznosi \bar{p}_i :

$$\begin{aligned} w_{ki} &= \frac{q_{ki}}{n_i} (1 - \bar{p}_i) \\ i &= 1, 2, \dots, m \\ k &\in \{h, sd, a, f, d, su\} \end{aligned} \tag{1.2}$$

Vrednosti \bar{p}_i računaju se za svaku reč i . Najpre se za datu reč i preuzmu njeni emocionalni sinseti iz skupova emocionalnih sinseta za svaki tip emocije, S_k ($k \in \mathcal{E}$). Zajedno sa sinsetima, preuzimaju se i njima pridruženi kazneni koeficijenti p_{kj} , za svaki tip emocije k ($k \in \mathcal{E}$) i za svaki sinset j . Emocionalnih sinseta j za dati tip emocije k i za datu reč i ukupno ima q_{ki} ($j = 1, 2, \dots, q_{ki}$); otuda se suma svih kaznenih koeficijenata p_{kj} za datu reč i računa od $j = 1$ do $j = q_{ki}$. Sledstveno tome, prosečne vrednosti kaznenog koeficijenta, \bar{p}_i , za svaku reč i iznose:

$$\bar{p}_i = \frac{\sum_{j=1}^{q_{ki}} p_{kj}}{q_{ki}} \quad (1.3)$$

$$i = 1, 2, \dots, m$$

Ukoliko se u jednačini (1.2) vrednosti \bar{p}_i zamene sumama iz jednačine (1.3), dobija se konačni oblik jednačine za izračunavanje emocionalnih težina w_{ki} , za svaku reč i i svaki tip emocije k :

$$w_{ki} = \frac{q_{ki}}{n_i} \left(1 - \frac{\sum_{j=1}^{q_{ki}} p_{kj}}{q_{ki}} \right) = \frac{1}{n_i} \left(q_{ki} - \sum_{j=1}^{q_{ki}} p_{kj} \right) \quad (1.4)$$

$$i = 1, 2, \dots, m$$

$$k \in \{h, sd, a, f, d, su\}$$

Na ovaj način kreiran leksikon reči sastoji se od 3725 reči. Kao ilustraciju, Tabela 2 prikazuje mali segment ovog leksikona.

Tabela 2. Segment leksikona reči, u kojem su rečima pridruženi emocionalni vektori sa šest težina; tipovi emocija su: radost (H), tuga (Sd), bes (A), strah (F), gađenje (D) i iznenađenje (Su)

Reč na engleskom	Prevod	H	Sd	A	F	D	Su
joyful	radostan/a	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
severe	opak/a	0.0	0.133	0.133	0.5	0.133	0.0
fierce	žestok/a	0.0	0.0	0.75	0.2	0.2	0.0
popeyed	iskolačen/a	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.45
repellent	odbojan/a	0.0	0.0	0.0	0.0	0.25	0.0
somber	tmuran/a	0.0	0.4	0.0	0.4	0.0	0.0

4.1.2 Leksikon emotikona

Emotikon je tipografski simbol (ili kombinacija više simbola) koji predstavlja izraz lica, poput “:)” , “:-)” , “:(” , “:O” itd. Koristeći emotikone, autori teksta

označavaju (taguju, anotiraju) svoje iskaze određenim emocijama ili raspoloženjima. Kao oznake, emotikoni su eksplicitniji od reči; jasnije ukazuju na to kako tekst uz koji stoje interpretirati¹⁶. U tom smislu, emotikoni izražavaju emocije direktnije od reči (Gajadhar & Green, 2003). Za više detalja o emotikonima, videti pregled oblasti (Odeljak 2.3.3).

Uzevši u obzir koliko su emotikoni rasprostranjeni, u ovom radu polazi se od teze da bi bilo koja metodologija koja se bavi analizom emocionalne ekspresije na Vebu morala da uzme u obzir i emotikone. Međutim, sudeći po objavljenoj literaturi, emotikoni nisu deo WordNet-a, niti bilo koje druge leksičke baze podataka. Stoga nije bilo moguće predložiti tehniku za automatsko kreiranje leksikona emotikona; predložena tehnika podrazumeva njihovu manuelnu anotaciju.

Najpre su sakupljeni najfrekventniji tekstualni emotikoni iz spiska emotikona koje koriste popularni sistemi za četovanje: GTalk¹⁷, Skype¹⁸, MSN Messenger¹⁹ i Yahoo! Messenger²⁰. Ova lista je potom proširena spiskom emotikona svojstvenih zapadnim (evropskim i američkim) kulturama²¹ sa Vikipedije²², kao i spiskom emotikona koji su kreirali Gajadhar i Green (2003). Konačni spisak uključuje i rasprostranjene skraćenice, poput “LOL” i “OMG”. Sem toga, spisku su pridodati i tipični vulgarizmi i neformalni uzvici u engleskom slengu; recimo, “dovraga” (“damn”) i “fuj” (“yuck”). Premda nisu emotikoni, ove leksičke jedinice ne postoje ni u jednoj bazi podataka a nesumnjivo nose snažnu afektivnu konotaciju.

Iako je emocionalno značenje emotikona najčešće očigledno, konsultovane su Vikipedijine definicije afektivne semantike različitih emotikona. Vikipedija se može smatrati relevantnim izvorom zato što je rezultat društvenog konsenzusa među velikim brojem aktivnih korisnika Veba. Vikipedijini opisi, pak, nisu u saglasju s Ekmanovom podelom emocija, te je organizovana dodatna anketa s ciljem da se definišu emocionalni vektori (koji sadrže šest vrednosti, po jednu za svaki tip emocije) za svaki emotikon, skraćenicu i vulgarizam.

¹⁶ Naravno, emotikoni se mogu koristiti i u ironičnom kontekstu, ali je analiza ironije u kontekstu procesiranja prirodnog jezika izvan opsega ovog rada. Za više informacija o upotrebi emotikona za detekciju ironije, u kontekstu analize sentimenata, može se videti rad autora Carvalho et al. (2009).

¹⁷ <http://www.gchatemoticons.net/>

¹⁸ <https://support.skype.com/en/faq/FA12330/what-is-the-full-list-of-emoticons>

¹⁹ http://www.msgweb.nl/en/MSN/Images/Emoticon_list/

²⁰ <http://usefulshortcuts.com/yahoo-messenger/smileys-emoticons.php>

²¹ Vikipedija sadrži i opširan spisak emotikona zastupljenih u istočnim kulturama, osobito japanskoj i korejskoj. Dotični emotikoni nisu uzeti u obzir jer su isuviše kulturološki specifični.

²² https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_emoticons

Kako bi se došlo do što objektivnije tačke gledišta, kontaktirano je 174 participanta putem društvenih mreža, koristeći tzv. tehniku snežne lavine (*Snowball Sampling Technique*). Svi učesnici u studiji redovno koriste društvene mreže. Uzrast im varira između 16 i 40 godina. Učesnici su dobili zadatak da dodele emocionalne težine emotikonima iz date kolekcije, u skladu sa njihovom vlastitom percepcijom emocionalnog značenja datih simbola. Izbor za vrednosti težina bio je:

- (a) 1.0 – direktno i nedvosmisleno emocionalno značenje, kao što je emocija radosti vezana za simbol “:-)”
- (b) 0.5 – delimično emocionalno značenje, kao što strah, tuga ili bes mogu, ali ne moraju, biti vezani za simbol “:/”
- (c) 0 – bez emocionalnog značenja.

Nakon studije, svaki emotikon iz kolekcije označen je onom težinom (za svaki tip emocije) koju mu je dodelila većina učesnika.

Tabela 3. predstavlja deo emocionalnog leksikona. Celokupni leksikon sastoji se od 128 simbola i skraćenica. I leksikon reči i leksikon emotikona dostupni su na Vebu, zajedno sa softverskom implementacijom predloženog pristupa.

Tabela 3. Segment leksikona emotikona, koji sadrži emocionalne vektore za nekoliko emotikona, skraćenica i kolokvijalizama

Emotikoni, skraćenice i kolokvijalizmi	H	Sd	A	F	D	Su
:-)	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
:(0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
:O	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
>:-(0.0	0.5	1.0	0.0	0.5	0.0
lol	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
yuck	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0

4.1.3 Prepoznavanje emocija i heuristička pravila

Predloženi algoritam za prepoznavanje emocija kao ulaz prima jednu rečenicu (ili tvit, ili fragment čet-konverzacije) i parsira tekst na tokene. Tokeni predstavljaju delove rečenice odvojene od ostataka rečenice karakterističnim znakom interpunkcije – zarezom, tačkom-zarezom, dvotačkom ili crticom. Pritom se proverava da li je karakteristični znak interpunkcije (recimo, dvotačka) deo emotikona. To se vrši na osnovu razmaka; recimo, skup karaktera “:)” protumačio

bi se kao emotikon, ali “:)” ne bi, već bi se dvotačka iskoristila kao simbol za razdvajanje tokena. Ukoliko nakon emotikona sledi reč čije je prvo slovo veliko, reč se smatra početkom nove rečenice.

Nakon što se rečenica podeli na tokene, tj. delove rečenice, tokeni se parsiraju na reči, emotikone i skraćnice, koji se zatim porede s jedinicama iz oba leksikona. Tokom poređenja reči i emotikona, primenjuje se nekoliko heurističkih pravila. Ova pravila nastoje da prevaziđu neke od problema koji se vezuju za metode zasnovane na prepoznavanju ključnih reči, poput detekcije negacije, uticaja interpunkcije na značenje, i sl.

Algoritam računa ukupan emocionalni vektor za ulaznu rečenicu, koji, poput vektora za reči i emotikone, sadrži šest vrednosti – po jednu za svaki tip emocije. Ukupan emocionalni vektor odnosi se na celu rečenicu. Uz njega, algoritam računa i emocionalnu valencu rečenice. Emocionalna valenca može iznositi -1 , 0 ili 1 , u zavisnosti od toga da li je ukupna emocija u rečenici negativna, neutralna ili pozitivna, respektivno.

Definisana su 3 heuristička pravila koja se primenjuju na rečeničnom nivou, tj. nad celom rečenicom:

- (a) Ukoliko se u tokenu detektuje i negacija i emocionalna reč iz leksikona, emocionalna valenca cele rečenice se obrće²³. To podrazumeva međusobnu zamenu vrednosti između emocionalne težine za emociju radosti (jedina pozitivna emocija) i emocionalnih težina za negativne emocije (tuga, bes, strah i gađenje). Primera radi, algoritam će obrnuti valencu za rečenicu “I am not happy, that was too easy” (“Nisam srećan, bilo je to prelako”), ali neće obrnuti valencu za rečenicu “I am happy, that was not easy” (“Srećan sam, nije to bilo lako”). Sem toga, ako se valenca menja iz pozitivne u negativnu, algoritam će uzeti vrednost emocionalne težine za emociju radosti i dodeliti je svakoj od 4 negativne emocije (tuga, bes, strah i gađenje); pritom će svaka od ove 4 emocije dobiti podjednaku vrednost.
- (b) Što rečenica ima više uskličnika (“!”), to su intenzivnije emocije iskazane u njoj. Za svaki novi znak uzvika, emocionalni vektor intenzivira se za 20%.
- (c) Ukoliko rečenica poseduje kombinaciju znakova poput “?!” ili “!?”, dodeljuje joj se emocija iznenađenja (emocionalna težina za iznenađenje postavlja se na 1.0).

²³ Trenutna verzija algoritma nije u stanju da barata dvostrukim i višestrukim negacijama.

Definisana su i 3 pravila koja se primenjuju na nivou pojedinačnih reči:

- (d) Detektovani emotikoni mogu imati jedan ili više svojih karakterističnih simbola. Primera radi, emotikon “:)))))” potencijalno ukazuje na snažniju emociju radosti nego emotikon “:).”. Što detektovani emotikon ima više svojih karakterističnih simbola, to su intenzivnije emocije u rečenici. Za svaki novi simbol, emocionalna težina odgovarajućeg emocionalnog tipa intenzivira se za 20% (za navedeni primer sa smajlijima, radi se o emociji radosti).
- (e) Ukoliko je detektovana emocionalna reč otkucana velikim slovima, emocija vezana za tu reč intenzivira se za 50%.
- (f) Ukoliko se ispred detektovane emocionalne reči nalazi reč koja pojačava značenje – kao što su, primera radi, reči “ekstremno”, “vrlo” ili “preterano” (“extremely”, “very” ili “exceedingly”) – emocija u vezi sa datom rečju intenzivira se za 50%.

Procentualna uvećanja emocionalne težine mogu se vršiti sve dok se ne dostigne maksimalna vrednost emocionalne težine, koja iznosi 1. Vrednosti procentualnih uvećanja (od 20% i 50%) određene su nakon serije eksperimenata opisanih u Odeljku 4.1.1. U eksperimentima je korišćen rečenični korpus za testiranje, koji se sastoji od 5 rečenica za svaki tip emocije.

Predloženi algoritam sastoji se od sledećih sukcesivnih koraka:

1. Nad ulaznom rečenicom primenjuju se pravila koja funkcionišu na rečeničnom nivou: (a), (b) i (c).
2. Ulazna rečenica se parsira na reči i emotikone.
3. Svaka reč ili emotikon poredi se s leksičkim jedinicama iz leksikona reči ili leksikona emotikona, respektivno.
4. Ukoliko se uoči reč ili emotikon koji pripada jednom od leksikona, primenjuju se pravila koja funkcionišu na nivou reči, (d), (e) i (f), i na osnovu njih ažuriraju se emocionalne težine reči i emotikona. Sve uočene reči i emotikoni dodaju se u skup emocionalnih reči i emotikona.
5. Ukupan emocionalni vektor koji odgovara čitavoj rečenici računa se pomoću kreiranog skupa emocionalnih reči i emotikona (sa ažuriranim emocionalnim težinama).

Emocionalne težine ukupnog vektora zasnovane su na maksimalnoj vrednosti težine za sve ključne reči istog emocionalnog tipa. Emocionalna valenca, pak, zavisi od toga da li je ukupna težina za pozitivnu emociju (radost) veća od ukupne težine dominantne negativne emocije (tuge, besa, straha ili gađenja).

Ovo se može preciznije izraziti koristeći matematički formalizam. Neka vrednost ws_k određuje ukupnu emocionalnu težinu rečenice za dati emocionalni tip k , $k \in \{h, sd, a, f, d, su\}$, i neka vrednost v određuje valencu za datu rečenicu. Data rečenica tada sadrži m emocionalnih reči. Neka vrednost w_{ki} određuje emocionalnu težinu za datu reč i ($i = 1, 2, \dots, m$) i za dati emocionalni tip k . Tada se ukupne emocionalne težine ws_k računaju na sledeći način:

$$\begin{aligned} ws_k &= \max(w_{ki}) \\ i &= 1, 2, \dots, m \\ k &\in \{h, sd, a, f, d, su\} \end{aligned} \quad (2.1)$$

Emocionalna valenca za datu rečenicu računa se u zavisnosti od emocionalne težine za dominantan tip emocije. Ukoliko je ovaj tip pozitivan (emocija radosti), valenca iznosi 1; ukoliko je negativan (emocija tuge, besa, straha ili gađenja), valenca iznosi -1 . Valenca je 0 ukoliko emocije nema ili se pozitivna i maksimalna negativna emocija međusobno potiru. To se može izraziti na sledeći način:

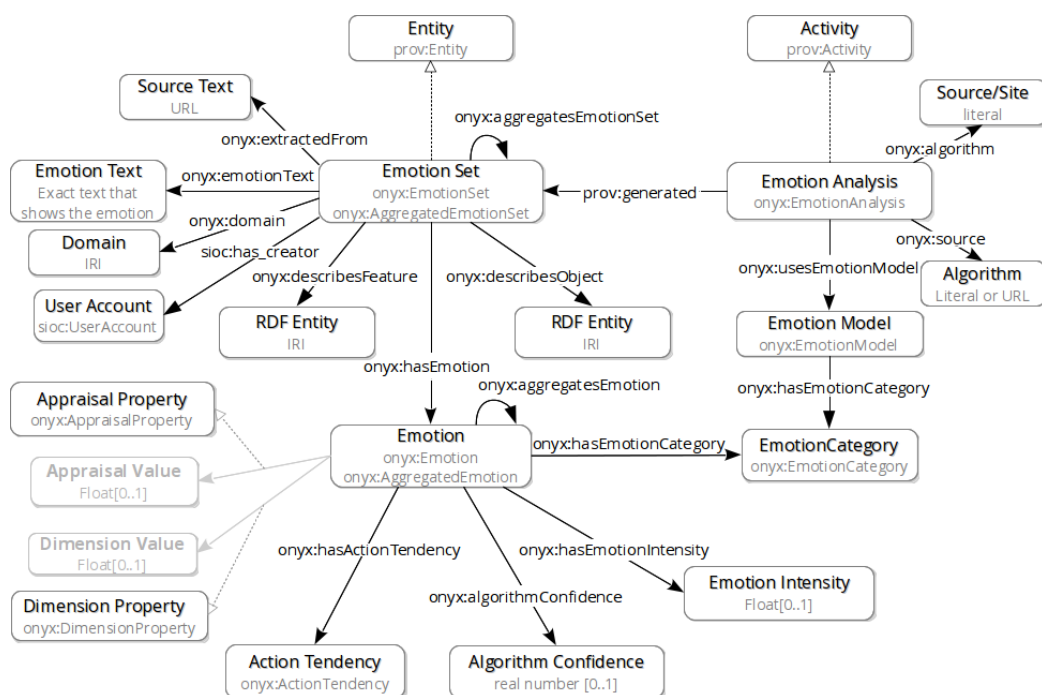
$$v = \begin{cases} -1, & w_{hi} - \max_{u \in \{sd, a, f, d\}}(w_{ui}) < 0 \\ 0, & w_{hi} - \max_{u \in \{sd, a, f, d\}}(w_{ui}) = 0 \\ 1, & w_{hi} - \max_{u \in \{sd, a, f, d\}}(w_{ui}) > 0 \end{cases} \quad (2.2)$$

$$i = 1, 2, \dots, m$$

Kao primer, može se uzeti rečenica “I won’t be lovesick!” (“Neću biti bolestan od ljubavi!”). Algoritam će prepoznati reč “lovesick”, čiji emocionalni vektor iz leksikona reči iznosi: $[0, 0.9, 0, 0, 0, 0]$; ovo znači da reč ima emocionalnu težinu samo za emociju tuge i da ona iznosi 0.9. Međutim, rečenica sadrži negaciju (“won’t” kao “will not”) u delu rečenice gde se nalazi i emocionalna reč “lovesick”. Otuda će se, po pravilu (a), valenca obrnuti: težina za emociju radosti dobiće vrednost dominantne negativne emocije, koja je u ovom slučaju emocija tuge. Uz to, pošto se rečenica završava znakom uzvika, vrednost težine za emociju radosti inteziviraće se za 20%, po pravilu (c). Na kraju, ukupan emocionalni vektor za celu rečenicu iznosiće $[1, 0, 0, 0, 0, 0]$, gde se vrednost 1 odnosi na emociju radosti. Emocionalna valenca za celu rečenicu iznosiće 1.

4.1.4 Semantička anotacija emocija izraženih u tekstu

Nakon što se izračuna ukupan emocionalni vektor, za datu rečenicu generiše se odgovarajuća semantička anotacija. Za potrebe anotacije, koriste se pojmovi ontologije Onyx (Sanchez-Rada & Iglesias, 2016; Sanchez-Rada, 2013). Slika 25 prikazuje dijagram klasa ove ontologije.



Slika 25. Dijagram klasa ontologije Onyx, verzija 1.4 (Sanchez-Rada, 2013)

Po rečima autora ontologije, najvažniji Onyx-ovi pojmovi su *EmotionAnalysis*, *EmotionSet* i *Emotion* (Sanchez-Rada & Iglesias, 2016). *EmotionAnalysis* odnosi se na tehniku analize emocija koja se koristi za prepoznavanje emocija u tekstu. *EmotionAnalysis* vezan je za algoritam za prepoznavanje emocija izraženih u tekstu, zatim za *EmotionModel*, model emocija koji se koristi (npr. Ekmanova “Velika šestorka”), kao i za *EmotionSet*, skup emocija koji je algoritam prepoznao.

EmotionAnalysis nasleđuje klasu *Activity*, koja pripada ontologiji Provenance (Groth & Moreau, 2013). *Activity* se odnosi na apstraktnu aktivnost koja tokom određenog perioda vremena deluje na jedan ili više entiteta. U ovom kontekstu, delovanje može da podrazumeva procesiranje, transformaciju, korišćenje, modifikaciju ili kreiranje entiteta. *EmotionSet* je primer entiteta koji generiše *EmotionAnalysis*; radi se o skupu emocija koji generiše algoritam za prepoznavanje emocija izraženih u tekstu. *EmotionSet* nasleđuje klasu *Entity*, koja je takođe deo ontologije Provenance; *Entity* predstavlja apstraktni entitet, fizičku, digitalnu, konceptualnu ili neku drugu vrstu stvari s određenim nepromenljivim svojstvima.

Kao skup emocija, instanca klase *EmotionSet* sadrži emocije prepoznate u tekstu. Osim toga, instanca klase *EmotionSet* može biti vezana za tekst na osnovu koga je kreiran skup emocija (*SourceText*), konkretan deo teksta na osnovu koga je emocija prepoznata (*EmotionText*), nalog korisnika čiji se tekst analizirao (*UserAccount*), itd.

Predikatom “onyx:hasEmotion” EmotionSet vezan je za pojedinačne emocije, predstavljene klasom Emotion. Instanca klase Emotion može sadržati tip emocije (Emotion Category) – koji, pak, dolazi iz korišćenog modela emocija (EmotionModel). Sem toga, instanca klase Emotion može sadržati intenzitet emocije ili emocionalnu težinu (EmotionIntensity), kao i faktor poverenja korišćenog algoritma (AlgoritamConfidence).

Na ovaj način, Onyx obezbeđuje adekvatan okvir za reprezentaciju emocija koje prepoznaje algoritam predložen u ovoj disertaciji. Kao primer, mogu se uzeti dve rečenice: prva koja sadrži nekoliko emocija i druga koja ne sadrži nijednu (što se interpretira kao neutralna emocija).

Prva rečenica glasi “I am happy and sad at the same time” (“Srećan sam i tužan u isto vreme”). Kao izlaz, algoritam će izračunati ukupan emocionalni vektor: [1, 1, 0, 0.16, 0.16, 0]. Interpretacija vektora podrazumeva da je prepoznata emocija radosti (punog intenziteta, 1), emocija tuge (takođe punog intenziteta, 1), emocija straha (intenziteta koji iznosi 0.16) i emocija gađenja (takođe intenziteta 0.16). Slika 26 prikazuje semantičku anotaciju u formatu Turtle, koja se generiše na osnovu ovog vektora; ova anotacija obezbeđuje univerzalno čitljivu i razumljivu interpretaciju, kako za ljude, tako i za mašine.

Semantička anotacija kreira se u formi semantičkog grafa (Slika 27). Jedinstveno identifikovan URL-em <<http://krcadinac.com/synesketch/Analysis/001>>, čvor grafa predstavlja instancu Onyx-ove klase EmotionAnalysis i odnosi se na analizu emocija. Broj 001 označava jedinstven (unikatan) broj konkretne analize; algoritam će svaki put nasumično (*random*) generisati broj, kako bi se obezbedila jedinstvenost pojedinačnih (partikularnih) instanci. Jedinstveni identifikatori (URIs) čvorova formirani su na osnovu URL-a (*Uniform Resource Locator*) softverskog sistema Synesketch, kojim je implementiran predstavljeni algoritam za analizu i anotaciju emocija. Detalji vezani za implementaciju softvera nalaze se u Poglavlju 5.

Čvor koji se odnosi na analizu povezan je sa podatkom o jeziku na kome je rečenica napisana, predstavljenim predikatom “dc:language” vokabulara Dublin Core²⁴. U slučaju predloženog pristupa, jezik je engleski, te se, shodno konvenciji vokabulara, postavlja vrednost “en”.

²⁴ <http://dublincore.org/documents/dcmi-terms/>

```

@prefix dc:      <http://purl.org/dc/terms/> .
@prefix prov:   <http://www.w3.org/ns/prov#> .
@prefix onyx:   <http://www.gsi.dit.upm.es/ontologies/onyx/ns#> .
@prefix emoml:  <http://www.gsi.dit.upm.es/ontologies/onyx/vocabularies/emotionml/ns#> .

<http://krcadinac.com/synesketch/Analysis/001>
  a                      onyx:EmotionAnalysis ;
  dc:language            "en" ;
  onyx:algorithm         "Synesketch" ;
  onyx:usesEmotionModel  emoml:big6 ;
  prov:generated         <http://krcadinac.com/synesketch/EmotionSet/001> ;
  prov:wasAssociatedWith <http://krcadinac.com/synesketch/Synesketch> .

<http://krcadinac.com/synesketch/Synesketch>
  a      prov:Agent .

<http://krcadinac.com/synesketch/EmotionSet/001>
  a      onyx:EmotionSet ;
  onyx:extractedFrom "I am happy and sad at the same time" ;
  onyx:hasEmotion
    <http://krcadinac.com/synesketch/Happiness/001>,
    <http://krcadinac.com/synesketch/Sadness/001>,
    <http://krcadinac.com/synesketch/Fear/001>,
    <http://krcadinac.com/synesketch/Disgust/001> .

<http://krcadinac.com/synesketch/Happiness/001>
  a      onyx:Emotion ;
  onyx:hasEmotionCategory  emoml:happiness ;
  onyx:hasEmotionIntensity 1.0 .

<http://krcadinac.com/synesketch/Sadness/001>
  a      onyx:Emotion ;
  onyx:hasEmotionCategory  emoml:sadness ;
  onyx:hasEmotionIntensity 1.0 .

<http://krcadinac.com/synesketch/Fear/001>
  a      onyx:Emotion ;
  onyx:hasEmotionCategory  emoml:fear ;
  onyx:hasEmotionIntensity 0.16 .

<http://krcadinac.com/synesketch/Disgust/001>
  a      onyx:Emotion ;
  onyx:hasEmotionCategory  emoml:disgust ;
  onyx:hasEmotionIntensity 0.16 .

```

Slika 26. Primer semantičke anotacije teksta “I am happy and sad at the same time” (“Srećan sam i tužan u isto vreme”) u formatu **TURTLE**; anotaciju generiše softverski sistem Synesketch, kojim je implementiran pristup predložen u ovoj disertaciji

Čvor je povezan i sa nazivom algoritma, opisanim predikatom “onyx:algorithm”, kao i modelom emocija koji se koristi u analizi, opisanim predikatom “onyx:usesEmotionModel”. U okviru ontologije Onyx, Ekmanov model emocija reprezentovan je na osnovu standarda EmotionML (Burkhardt et al., 2014); njegov URI (*Uniform Resource Identifier*) je “emoml:big6”²⁵.

²⁵ <http://www.gsi.dit.upm.es/ontologies/onyx/vocabularies/emotionml/ns#big6>

svojim intenzitetom (“onyx:hasEmotionIntensity”). Konkretni tipovi dati su u saglasju s modelom “emoml:big6”: “emoml:happiness” za emociju radosti, “emoml:sadness” za emociju tuge, “emoml:fear” za emociju straha i “emoml:disgust” za emociju gađenja.

U drugom primeru (Slika 28), predloženi algoritam analizira rečenicu “Chairs are made of wood” (“Stolice su napravljene od drveta”), u kojoj ne pronalazi nikakvu emociju. Rečenica se interpretira kao neutralna i dodeljuje joj se kategorija neutralnosti. S obzirom da neutralnost kao takva nije deo Ekmanovog modela, u ovom slučaju ne koristi se model “emoml:big6”, nego Onyx-ov koncept koji upućuje na neutralnost ili nedostatak emocije – “wna:neutral-emotion”²⁷. Ovaj koncept definisan je u okviru modela “wna:OnyxModel”, koji taksonomiju emocionalnih kategorija preuzima iz WordNet-Affect-a (Strapparava et al., 2006). Slika 2 iz Odeljka 2.1.1 prikazuje jedan segment ove taksonomije.

Mapiranje tekst-emocija-slika vrši se na osnovu emocionalnog tipa, tj. na osnovu koncepta koji je označen predikatom “onyx:hasEmotionCategory”; međutim, pre detaljnijeg objašnjenja mehanizma mapiranja, treba objasniti način na koji je izveden dizajn evokativnih vizuelizacija.

```
@prefix dc:      <http://purl.org/dc/terms/> .
@prefix prov:   <http://www.w3.org/ns/prov#> .
@prefix onyx:   <http://www.gsi.dit.upm.es/ontologies/onyx/ns#> .
@prefix wna:    <http://www.gsi.dit.upm.es/ontologies/wnaffect/ns#> .

<http://krcadinac.com/synesketch/Analysis/002>
  a          onyx:EmotionAnalysis ;
  dc:language "en" ;
  onyx:algorithm "Synesketch" ;
  onyx:usesEmotionModel wna:OnyxModel ;
  prov:generated <http://krcadinac.com/synesketch/EmotionSet/002> ;
  prov:wasAssociatedWith <http://krcadinac.com/synesketch/> .

<http://krcadinac.com/synesketch/>
  a          prov:Agent .

<http://krcadinac.com/synesketch/EmotionSet/002>
  a          onyx:EmotionSet ;
  onyx:extractedFrom "Chairs are made of wood" ;
  onyx:hasEmotion <http://krcadinac.com/synesketch/Neutral/002> .

<http://krcadinac.com/synesketch/Neutral/002>
  a          onyx:Emotion ;
  onyx:hasEmotionCategory wna:neutral-emotion ;
  onyx:hasEmotionIntensity 1.0 .
```

Slika 28. Primer semantičke anotacije teksta koji ne sadrži emocije, “Chairs are made of wood” (“Stolice su napravljene od drveta”), u formatu **TURTLE**; anotaciju generiše softverski sistem **Synesketch**, kojim je implementiran pristup predložen u ovoj disertaciji

²⁷ <http://www.gsi.dit.upm.es/ontologies/wnaffect/ns#neutral-emotion>

4.2 Vizuelizacija emocija

Kao sastavni deo pristupa evokativnom dizajnu vizuelizacije emocija, razvijena su dva sistema za vizuelizaciju emocija: jedan fokusiran na paletu boja i drugi koji uzima u obzir kako boje, tako i pokrete i oblike. Obe vizuelizacije oslanjaju se na nasleđe apstraktne, generativne i algoritamske umetnosti.

4.2.1 Paleta boja

S obzirom da je mapiranje emocija na boje umnogome subjektivno i zavisno od kulturološkog konteksta, u težnji za objektivnim gledištem, predloženi dizajn evokativnih vizuelizacija oslanja se na empirijsku studiju autora Pos i Green-Armytage (2012), objašnjenu u Odeljku 2.3.3. Ova studija pokazuje kako ljudi različitih uzrasta i sa različitih kulturnih prostora mapiraju boje na Ekmanove tipove emocija – povezujući, na primer, svetle boje s osećanjima radosti i iznenađenja, a tamnije s tugom ili besom. Slika 17 i Slika 18 ilustruju mapiranja definisana u ovoj studiji, kao i raspodele tona boje za osećanja besa i tuge.

Ove palete su prilagođene u skladu s rezultatima istraživanja Valdeza i Mehrabiana (1994). Valdez i Mehrabian (1994) tvrde da, recimo, intenzivnija osvetljenost (*brightness*) i zasićenost (*saturation*) boje u ljudskoj percepciji teže da se povežu sa zadovoljstvom i uzbuđenjem. Otuda se preporučuje intenzivirana osvetljenost palete boja za emocije radosti i iznenađenja, a blaža osvetljenost paleta boja za negativne emocije (tuga, bes, strah i gađenje). Slika 29 prikazuje palete boja koje su korišćene za animirane vizuelizacije koje se predlažu u ovoj disertaciji, u skladu s Ekmanovom tipologijom.



Slika 29. Konačne palete boja koje su korišćene za animiranu vizuelizaciju Ekmanovih tipova emocija; gornji red: emocija besa (levo) i radosti (desno); srednji red: emocija tuge (levo) i gađenja (desno); donji red: emocija iznenađenja (levo) i straha (desno).

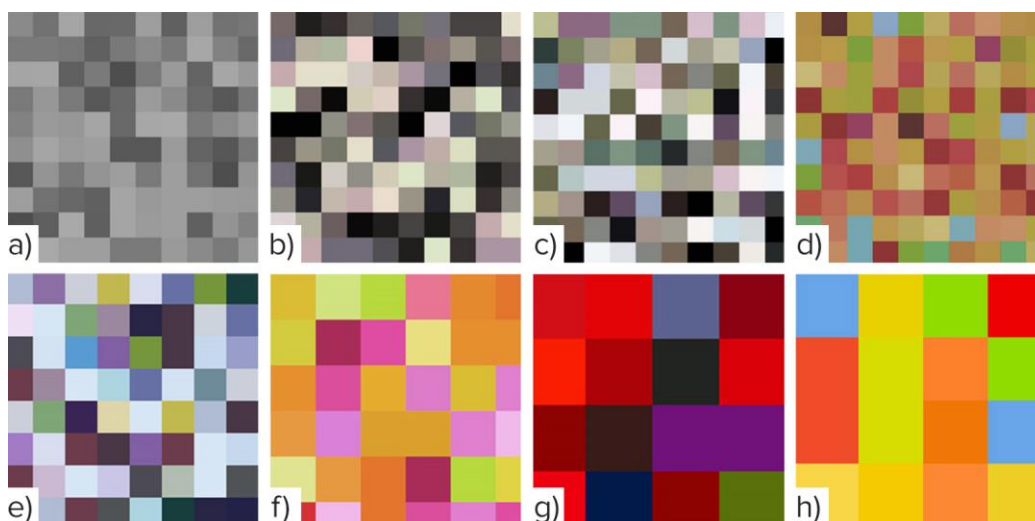
Sudeći po objavljenim istraživanjima, nema preporuka za palete boja koje bi ilustrovale nedostatak ili neutralnost emocije. Zato je doneta odluka da se u slučaju kada u tekstu nema prepoznatih emocija generiše paleta sivih tonova. U ovom

smislu, neprepoznata emocija može se tretirati kao zaseban, sedmi, neutralni tip emocije.

4.2.2 Hoolooovo: Vizuelizacija s fokusom na boji

Kako bi se ispitao predloženi pristup dizajnu paleta boja, napravljen je sistem za generativnu animaciju (vizuelizaciju) fokusiran na boje, po imenu Hoolooovo²⁸, čiji je koncept uveden u Odeljku 3.3.2. Ova generativna animacija u osnovi je matrica obojenih kvadrata. U oblasti afektivnog računarstva, slične matrice korišćene su za projekat Aesthetiscope (Liu & Maes, 2006), dok su ih u umetničkim praksama 20. veka koristili, primera radi, Klee, Taeuber, Mondriaan i Arp (Krauss, 1986). U kontekstu teorije umetnosti, Krauss hvali ovakve matrice i kvadrate, nazivajući njihov uticaj na gledaoca “mističnim” (Krauss, 1986, str. 12).

Slika 30 prikazuje primere slika, tj. frejmova (*frames*), preuzetih iz vizuelizacije Hoolooovo: a) vizuelizacija teksta u kome nisu prepoznate emocije (neutralna emocija); b) vizuelizacija gađenja slabog intenziteta; c) strah slabog intenziteta; d) radost slabog intenziteta; e) tuga srednjeg intenziteta; f) iznenađenje srednjeg intenziteta; g) intenzivna bes; h) intenzivna radost.



Slika 30. Primeri slika (frejmova) preuzetih iz Hoolooovo vizuelizacije

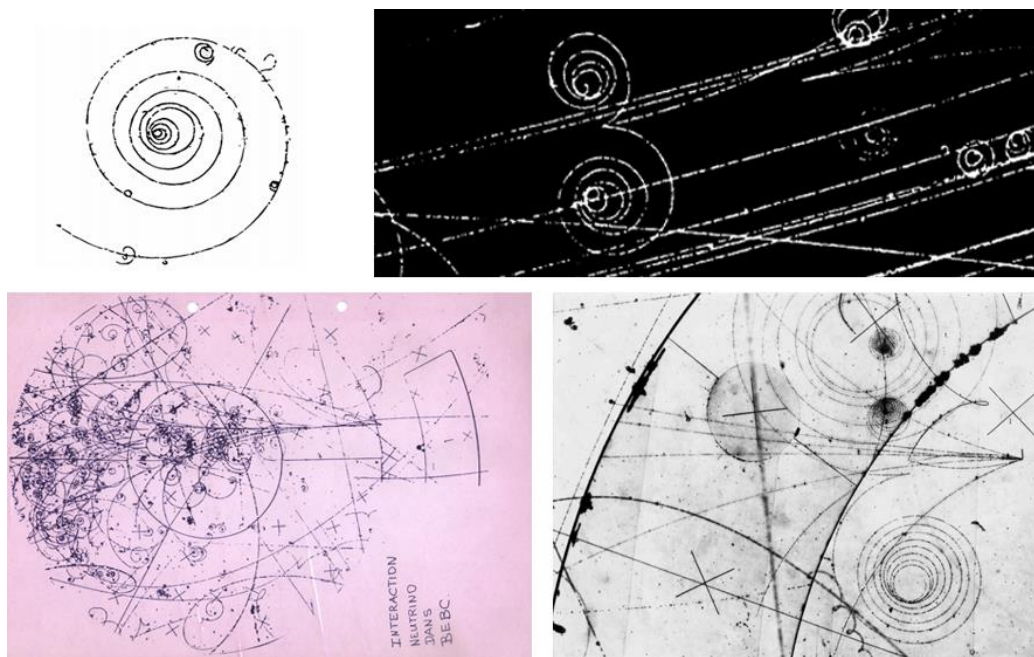
Hoolooovo je animirana vizuelizacija utoliko što se, tokom trajanja vizuelizacije, menjaju tri faktora koja dovode do animiranog efekta pokretnih slika: (1) veličina kvadrata; (2) zasićenost palete (saturacija); i (3) frekvencija promene slika (*frame*

²⁸ U pitanju je omaž Douglasu Adamsu, autoru romana “Autostoperski vodič kroz galaksiju” (“The Hitchhiker's Guide to the Galaxy”). Hoolooovo je jedan od sporednih junaka romana, ličnost koja je istovremeno i superinteligentna nijansa plave boje.

rate). Ovi faktori menjaju se u zavisnosti od trenutno najintenzivnijeg (dominantnog) tipa emocije prepoznatog u tekstu. Jače emocije predstavljaju se većim kvadratima, intenzivnijom zasićenošću (saturacijom) boje i bržom promenom slika (*frame rate*). Primera radi, za tekst “nisam te očekivao!” (intenzivna emocija iznenađenja) biće kreirana matrica krupnih kvadrata čije se boje brzo smenjuju; u svakom novom frejmu boje se nasumično preuzimaju iz palete za emociju iznenađenja. U slučaju teksta “to mi je odbojno” (slaba emocija gađenja), generiše se matrica sitnijih kvadrata, čije se boje smenjuju nekoliko puta sporije nego u prvom primeru. Nakon što su preuzete iz palete za emociju gađenja, ovim se bojama smanjuje intenzitet tona boje, odnosno zasićenost.

4.2.3 Synemania: Prožimanje oblika, pokreta i boje

Druga i glavna vizuelizacija, nazvana Synemania, zarad evociranja emocija koristi i boje i apstraktne animirane oblike. Koncept za ovu vizuelizaciju uveden je u Odeljku 3.3.2. Tehnički gledano, Synemania je generativni algoritamski sistem za crtanje sudarajućih čestica. Generativni algoritam koji stoji iza nje baziran je na radu Bubble Chamber (Tarbel, 2003); ovaj rad, pak, umetnička je adaptacija grafikona i fotografija koji nastaju u eksperimentima sa komorom s mehurićima (*bubble chamber*) u oblasti fizike čestica (Slika 31).



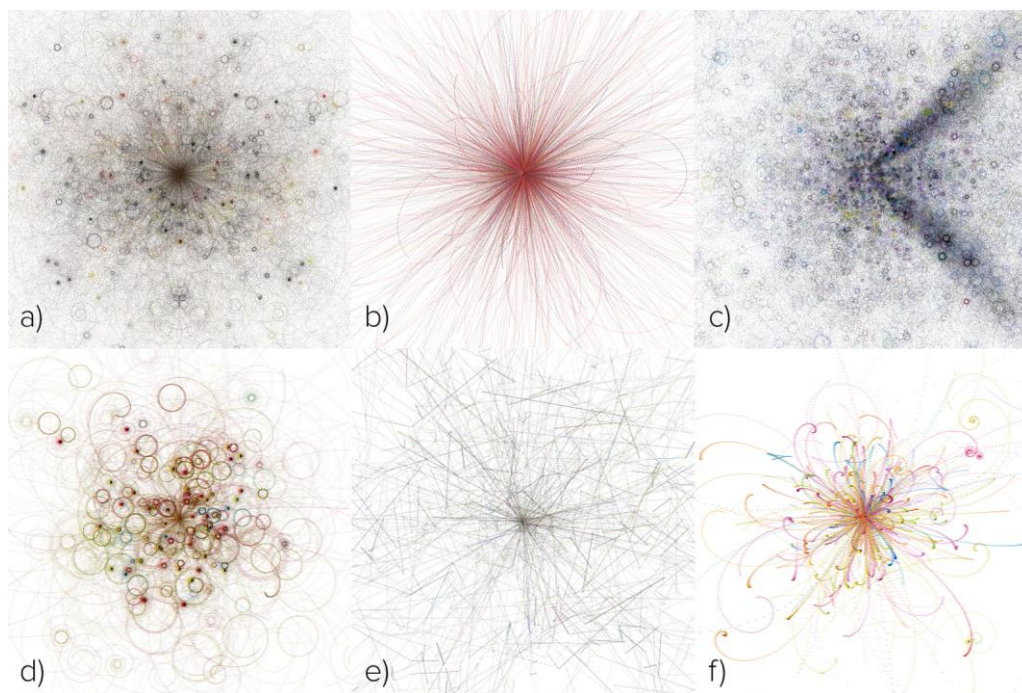
Slika 31. Fotografije nastale u eksperimentima sa komorom s mehurićima; spiralne linije predstavljaju putanje čestica, npr. elektrona i neutrina (Bettelli, 1993; Spurio, 2003)

U ovakvim eksperimentima, komora se koristi za detekciju putanja kojima se kreću čestice poput elektrona (Bettelli, 1993). Komore s mehurićima preteča su današnjih sudarača čestica, od kojih je najpoznatiji akcelerator u CERN-u.

Svaki put kada se nova emocija prepozna u tekstu (recimo, tokom čet-sesije) Synemania pokreće novu eksploziju čestica. Krećući se, ove čestice crtaju putanje; na ovaj način generišu se karakteristični oblici i pokreti. Svaki tip emocije (šest Ekmanovih tipova, uz dotatak neutralne emocije) ima svoj tip čestica i svoju generativnu jednačinu. Paleta boja iste su kao za vizuelizaciju Hoolooovo.

Oblici i pokreti čestica dizajnirani su da predstave tip i intenzitet prepoznatih emocija. Snažnije emocije predstavljaju se intenzivnijom zasićenošću boja (u tom slučaju boje su jarke, intenzivno hromatske) i većim brojem čestica.

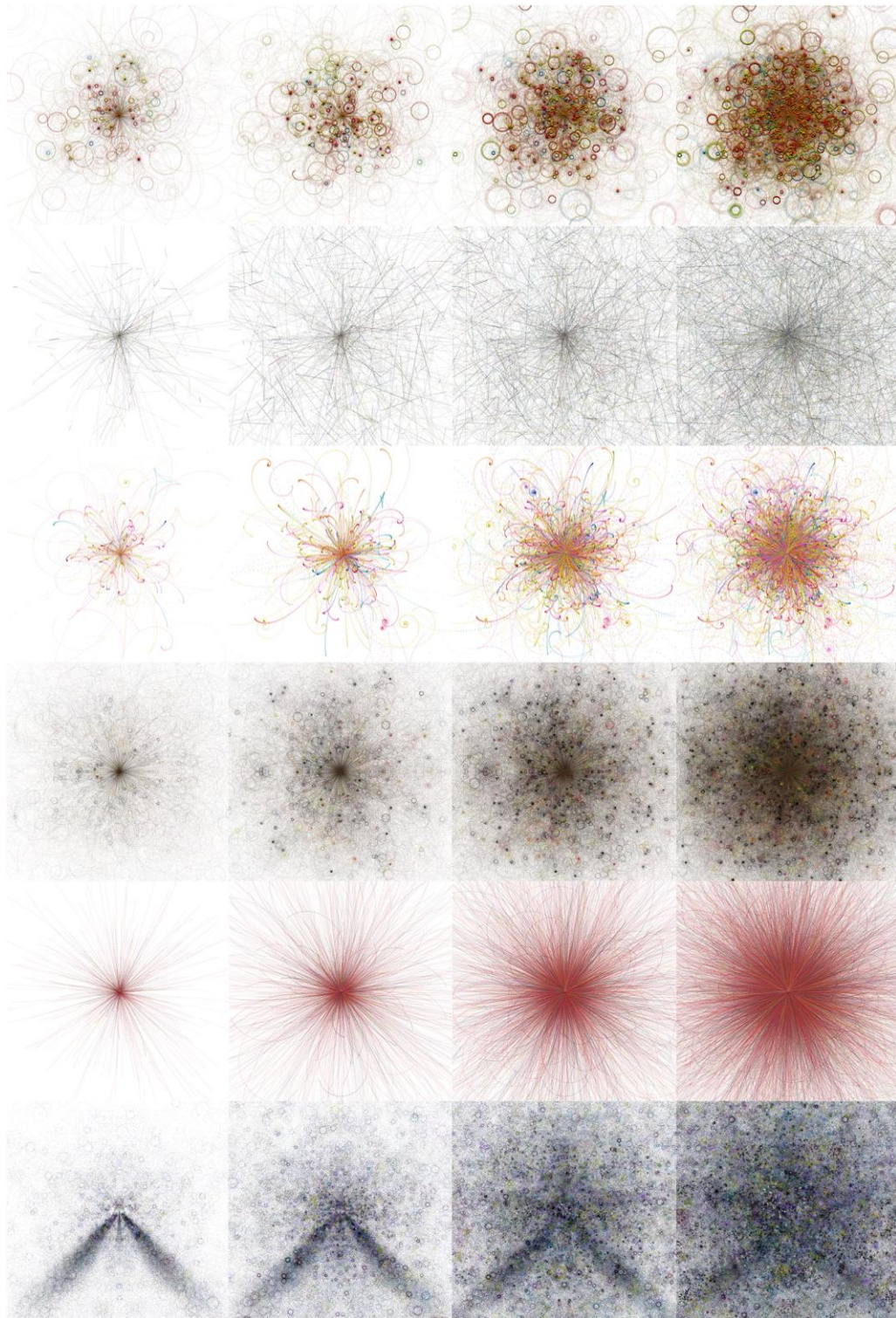
Slika 32 prikazuje primere slika, tj. frejmova (*frames*), preuzetih iz vizuelizacije Synemania. Odabrani su frejmovi koji su dovoljno karakteristični da posredstvom jedne slike predstave vizuelizaciju. Slika 33, pak, prikazuje po četiri karakteristična frejma za svih šest vizuelizacija koje odgovaraju Ekmanovim tipovima emocija, s ciljem da se u statičkom mediju teksta dočara način na koji se vizuelizacije menjaju u odnosu na tip i intenzitet emocije.



Slika 32. Primeri slika (frejmova) preuzetih iz vizuelizacije Synemania; svaka slika reprezentativna je za jedan od šest Ekmanovih tipova emocija: a) gađenje, b) bes, c) tuga, d) radost, e) strah, i f) iznenađenje

Demonstracioni video vizuelizacija Synemania i Hoolooovo dostupan je na Vebu²⁹. Video prikazuje kako se animacija menja u odnosu na ulazni tekst različitog karaktera (npr. tekst čet-sesije, komentari sa Veb-portala, ili klasična poezija).

²⁹ www.youtube.com/watch?v=u5kznE6kYmc



Slika 33. Prikaz promene vizuelizacija u zavisnosti od tipa i intenziteta emocije; s leva na desno raste intenzitet; odozgo na dole menja se tip (radost, strah, iznenađenje, gađenje, bes, tuga)

Empirijsko utemeljenje za pokrete i oblike vizuelizacije leži u principima dizajna autora Bartram i Nakatani (2010), Lockyer et al. (2011) i Lockyer i Bartram (2012). Sudeći po rezultatima istraživanja ovih autora, ravne linije pokreta percipiraju se kao mirne, dok se trzaji, nemirni pokreti i linije koje se savijaju pod uglom percipiraju kao negativne i preteće. Radijalna kretanja iz centra vide se kao neutralna. Takođe, brzina animacije pojačava intenzitet emocija, dok se izrazito naglašena brzina može doživeti kao preteća.

Jedan segment dizajnerskih odluka, pak, donet je na osnovu subjektivnih kriterijuma autora ovog rada, u skladu s tezom da umetnički, evokativni i sublimni kvaliteti vizuelizacije podrazumevaju lično iskustvo (Manovich, 2002), ličnu tačku gledišta (Viegas & Wattenberg, 2007), kao i enigmatično i iracionalno (Kosara, 2007).

Tabela 4 sadrži sažete opise mapiranja emocija na pokrete i animirane vizuelne odlike generalno. U daljem tekstu, u Odeljcima 4.2.3.1–7, detaljno su objašnjene matematičke jednačine kojima se opisuju date vizuelne manifestacije.

Tabela 4. Vizuelizacija Synemania: mapiranje Ekmanovih tipova emocija na pokrete i oblike

Tip emocije	Pokret i oblik
Bes	Brze, intezivne i guste radijalne linije
Radost	Krive linije koje formiraju mirne okruglaste oblike
Iznenadenje	Brze, guste i krive linije, koje se kreću u nasumičnim pravcima
Strah	Brze linije koje se u trzajima i pod nejednakim uglovima kreću u raznim pravcima
Gađenje	Čestice mirno i sporo formiraju šaru, grupišući se oko crnih tačaka
Tuga	Čestice mirno, sporo i drhtavo formiraju šaru, blago svetlucajući

Naime, generativni proces koji se manifestuje u vidu navedenih vizuelnih odlika može se opisati uz pomoć sistema jednačina, koji su formulisani u kontekstu fizičkih simulacija procesa koji se dešavaju u komori s mehurićima (Bettelli, 1993).

Za svaki tip emocije generiše se različit skup čestica, čije je kretanje opisano karakterističnim sistemom jednačina; ove jednačine opisuju prelaz iz jednog diskretnog vremenskog stanja u drugo. Tehnički gledano, vremenska stanja funkcionišu kao zasebni frejmovi (slike) čijim se brzim smenjivanjem stvara animacija (kinematografski pokret).

4.2.3.1 Vizuelizacija emocije radosti

Kretanje svake pojedinačne čestice za emociju radosti može se opisati sledećim sistemom jednačina:

$$\begin{aligned}x_{t+1} &= x_t + v_t \sin \theta_t \\y_{t+1} &= y_t + v_t \cos \theta_t \\ \theta_{t+1} &= \theta_t + \dot{\theta}_t \\ \dot{\theta}_{t+1} &= \dot{\theta}_t + \ddot{\theta} \\ v_{t+1} &= kv_t\end{aligned}\tag{3.1.1}$$

Sistem jednačina (3.1.1) – kao i jednačine od (3.1.2) do (3.8) – formulisane su na osnovu matematičkih opisa kretanja čestica, definisanih u radovima autora Betteli (1993) i Tarbel (2003).

Promenljive x i y su prostorne koordinate virtuelne čestice u odnosu na dvodimenzionalni generativni euklidski prostor u kome se iscrtavaju. U skladu s terminologijom simulacije fizičkih procesa, v se odnosi na brzinu čestice, k predstavlja konstantu promene brzine, dok je θ ugao u odnosu na koji putanja čestice zavija. $\dot{\theta}$ je prvi izvod ove promenljive, tj. brzina promene ugla, dok je $\ddot{\theta}$ drugi izvod ove promenljive, tj. ubrzanje.

Vreme teče u diskretnim pomacima, čije trajanje zavisi od frekvencije promene slika u procesu animacije (*frame rate*). U tom smislu, t se odnosi na trenutno stanje, dok čitava jednačina matematički opisuje prelaz čestice iz trenutnog stanja (t) u naredno stanje ($t + 1$). Početne vrednosti navedenih parametara, dakle vrednosti za stanje $t = 0$, iznose:

$$\begin{aligned}x_0 &= \frac{w}{2}, \quad y_0 = \frac{h}{2} \\ v_0 &= r_v, \quad r_v \sim \mathcal{U}(0.5, 3.5) \\ k &= r_k, \quad r_k \sim \mathcal{U}(0.996, 1.001) \\ \theta_0 &= r_\theta, \quad r_\theta \sim \mathcal{U}(0, 2\pi) \\ \dot{\theta}_0 &= 0 \\ \ddot{\theta} &= r_{\ddot{\theta}}, \quad r_{\ddot{\theta}} \sim \mathcal{U}(-0.001, 0.001)\end{aligned}\tag{3.1.2}$$

Sve čestice polaze iz centra euklidskog prostora u kome se generiše animacija; otuda je početna vrednost koordinate x polovina širine generativnog prostora (w kao *width*), dok je početna vrednost koordinate y polovina njegove visine (h kao *height*).

Vrednosti označene slovom r (r_v , r_k , r_θ i $r_{\ddot{\theta}}$) predstavljaju nasumične (*random*) promenljive koje mogu uzimati vrednosti u okviru definisanog intervala. Pritom je jednaka verovatnoća da promenljiva dobije bilo koju vrednost iz datog intervala; otuda je skup označen simbolom za uniformnu raspodelu \mathcal{U} .

Konkretni parametri u sistemu jednačina – vrednosti konstante k i intervali u okviru kojih se generišu nasumični brojevi – izabrani su nakon serije eksperimenata, u skladu s prethodno navedenim dizajnerskim smernicama. Numeričke vrednosti varirane su u iteracijama, kako bi se dobile adekvatne vizuelne odlike. Konačne vrednosti parametara utvrđene su nakon serije iteracija, u konsultacijama sa kolegama. Ovo važi kako za parametre i numeričke vrednosti u jednačini (3.1.2), tako i za sve ostale parametre i numeričke vrednosti koje se pojavljuju u jednačinama od (3.1.3) do (3.8).

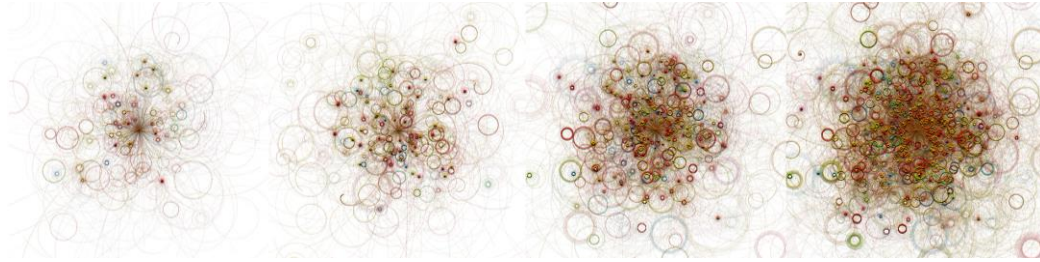
U svakom vremenskom pomaku t postoji verovatnoća da se promene, tj. da se iznova uspostave, vrednosti parametara k (faktor promene brzine) i $\ddot{\theta}$ (ubrzanja). Na osnovu već opisanih eksperimenata, utvrđeno je da vrednost ove verovatnoće iznosi 0.997. Formalno matematički, to se može izraziti na sledeći način:

$$\begin{aligned} r_t > r_p &\rightarrow k = 1, \ddot{\theta} = 10^{-5} \\ r_t \sim \mathcal{U}(0, 1000), r_p &= 997 \end{aligned} \tag{3.1.3}$$

Nasumična (*random*) promenljiva r_t računa se u svakom vremenskom pomaku t ; radi se o promenljivoj koja, u skladu s logikom uniformne raspodele \mathcal{U} , može sa jednakom verovatnoćom uzeti bilo koju vrednost u okviru intervala $(0, 1000)$. r_p je prag kojim se definiše verovatnoća 0.997. Za interval $(0, 1000)$, r_p iznosi 997. U slučaju ($r_t > r_p$), dolazi do promene, odnosno, k i $\ddot{\theta}$ dobijaju nove vrednosti (1 i 10^{-5} , respektivno); u protivnom ($r_t \leq r_p$), vrednosti ostaju onakve kakve su određene u jednačini (3.1.2).

Maksimalan broj čestica za ilustraciju emocije radosti iznosi 600. Ovaj broj se ažurira u odnosu na prepoznatu emocionalnu težinu, tj. intenzitet emocije. Emocionalne težine, čija vrednost varira između 0 i 1, linearno se mapiraju na broj čestica, koji može biti između 0 i 600. Opisani mehanizam ne važi samo za vizuelizaciju radosti, već i za vizuelizacije svih ostalih tipova emocija. Maksimalan broj čestica (600) izabran je nakon već opisane serije eksperimenata, u skladu sa prethodno navedenim dizajnerskim smernicama. Ovo važi kako za emociju radosti, tako i za sve ostale tipove emocija.

Kao što prikazuje Slika 34, kretanje čestica za emociju radosti formira mirne i okruglaste oblike vedrih boja. Kako se tokom vremena smanjuje brzina v , putanja čestica teži obliku spirale. Ukoliko se brzina promene ugla $\dot{\theta}$ smanji na 0, čestica upada u kružnu putanju; stoga njena grafička realizacija sadrži karakteristične kružne oblike.



Slika 34. Prikaz promene vizuelizacije za emociju radosti

4.2.3.2 Vizuelizacija emocije tuge

Kretanje pojedinačnih čestica za emociju tuge može se opisati sledećim sistemom jednačina:

$$\begin{aligned}
 x_{t+1} &= x_t + v_t \sin \theta_t \\
 y_{t+1} &= y_t + v_t \cos \theta_t \\
 \theta_{t+1} &= \theta_t + \dot{\theta}_t \\
 \dot{\theta}_{t+1} &= \dot{\theta}_t + \ddot{\theta} \\
 v_{t+1} &= v_t - k
 \end{aligned} \tag{3.2.1}$$

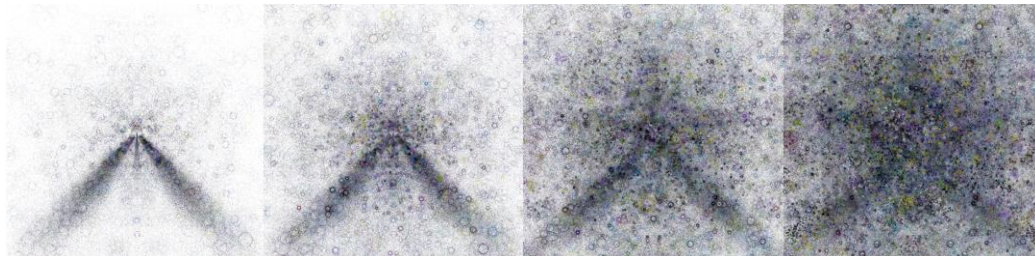
Ovaj sistem razlikuje se od sistema (3.1.1) samo u poslednjem redu: $v_{t+1} = v_t - k$ umesto $v_{t+1} = kv_t$. Međutim, ova razlika dovoljna je da obezbedi značajno drugačiju grafičku manifestaciju. Što se tiče oznaka x , y , θ , $\dot{\theta}$, $\ddot{\theta}$, v , k i t , one se odnose na iste promenljive kao u jednačini (3.1.2). Početne vrednosti promenljivih iznose:

$$\begin{aligned}
 x_0 &= \frac{w}{2}, \quad y_0 = \frac{h}{2} \\
 v_0 &= r_v, \quad r_v \sim \mathcal{U}(2, 32) \\
 k &= r_k, \quad r_k \sim \mathcal{U}(0.0001, 0.001) \\
 \theta_0 &= r_{\theta_1} + r_{\theta_2}, \quad r_{\theta_1} \sim \mathcal{U}(0, 2\pi), r_{\theta_2} \sim \mathcal{U}(-0.1, 0.1) \\
 \dot{\theta}_0 &= 0 \\
 \ddot{\theta} &= r_{\ddot{\theta}}, \quad r_{\ddot{\theta}} \sim \mathcal{U}(-0.1, 0.1)
 \end{aligned} \tag{3.2.2}$$

Kao i u slučaju jednačine (3.1.2), promenljive označene slovom r predstavljaju nasumične promenljive, koje uzimaju vrednosti iz definisanih intervala; verovatnoća svake vrednosti iz intervala je jednaka, što će reći da je raspodela uniformna (\mathcal{U}). Maksimalan broj čestica za vizuelizaciju emocije tuge iznosi 800.

Likovna manifestacija “tužne” vizuelizacije, kao što prikazuje Slika 35, znatno se razlikuje u odnosu na “radosnu” vizuelizaciju. Zahvaljujući linearnom opadanju brzine v za faktor k , dolazi do vizuelnog efekta raspršivanja čestica, koje vremenom mogu da u potpunosti prekriju generativni euklidski prostor. S obzirom na paletu

boja za emociju tuge, površine koje se formiraju raspršivanjem čestica plavkaste su boje – s povremenim efektom svetlućanja, koji izazivaju retke svetle boje u paleti.



Slika 35. Prikaz promene vizuelizacije za emociju tuge

4.2.3.3 Vizuelizacija emocije besa

Za emociju besa, definisan je sledeći sistem jednačina koje opisuju kretanje čestica:

$$\begin{aligned}
 x_{t+1} &= x_t + v_t \sin \theta_t \\
 y_{t+1} &= y_t + v_t \cos \theta_t \\
 \theta_{t+1} &= \theta_t + \dot{\theta}_t \\
 (r_t > r_p \rightarrow \dot{\theta}_{t+1} &= \dot{\theta}_t + \ddot{\theta}) \wedge (r_t \leq r_p \rightarrow \dot{\theta}_{t+1} = \dot{\theta}_t), r_t \sim \mathcal{U}(0, 100) \\
 v_{t+1} &= kv_t
 \end{aligned} \tag{3.3.1}$$

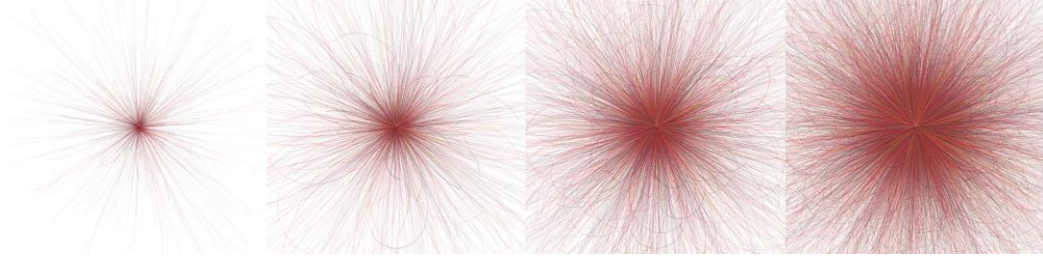
Oznake se odnose na iste promenljive kao u jednačinama (3.1.1) i (3.2.1). Glavna razlika svodi se na izračunavanje vrednosti brzine promene ugla $\dot{\theta}$. U slučaju emocije besa, postoji verovatnoća, koja iznosi 0.05, da se brzina promene ugla poveća za vrednost $\ddot{\theta}$. U 95% slučajeva, pak, vrednost brzine promene ugla ostaje ista kao i u prethodnom pomaku. Kao i vrednosti drugih broječnih parametara, ova vrednost utvrđena je nakon serije eksperimenata tokom kojih su varirani parametri jednačina i vršene konsultacije sa kolegama. Formalno matematički – poput jednačine (3.1.3) – ova se verovatnoća može izraziti pomoću nasumične promenljive r_t (koja se iznova računa u svakom pomaku t) i praga r_p ($r_p = 95$).

Početne vrednosti promenljivih u jednačini (3.3.1) iznose:

$$\begin{aligned}
 x_0 &= \frac{w}{2}, \quad y_0 = \frac{h}{2} \\
 v_0 &= r_v, \quad r_v \sim \mathcal{U}(0.5, 3.5) \\
 k &= r_k, \quad r_k \sim \mathcal{U}(0.996, 1.001) \\
 \theta_0 &= r_\theta, \quad r_\theta \sim \mathcal{U}(0, 2\pi) \\
 \dot{\theta}_0 &= 0 \\
 \ddot{\theta} &= r_{\ddot{\theta}}, \quad r_{\ddot{\theta}} \sim \mathcal{U}(-0.001, 0.001)
 \end{aligned} \tag{3.3.2}$$

Oznake imaju isto značenje kao i u prethodnim jednačinama za početne vrednosti, (3.1.2) i (3.2.2). Maksimalan broj čestica za ovu vizuelizaciju iznosi 800.

Premda su ove jednačine takođe slične onima za vizuelizaciju emocije radosti, u slučaju “besne” vizuelizacije, zahvaljujući drugačijoj funkciji kojom se definiše brzina promene ugla, putanja čestica nije onoliko zakrivljena koliko se krivi u slučaju “radosne” vizuelizacije. To dovodi do radijalnog efekta koji podseća na eksploziju: linije uglavnom crvenkastih boja brzo se šire od centra, putanjama koje se tek ponekad zakrive u spiralu (Slika 36).



Slika 36. Prikaz promene vizuelizacije za emociju besa

4.2.3.4 Vizuelizacija emocije straha

Za razliku od prethodna tri tipa emocija, strah je ilustrovan jednostavnijim sistemom jednačina (čije su oznake u saglasju s prethodno uspostavljenom konvencijom):

$$\begin{aligned}x_{t+1} &= x_t + v_t \sin \theta_t \\ y_{t+1} &= y_t + v_t \cos \theta_t\end{aligned}\tag{3.4.1}$$

Početne vrednosti za koordinate, brzinu i ugao iznose:

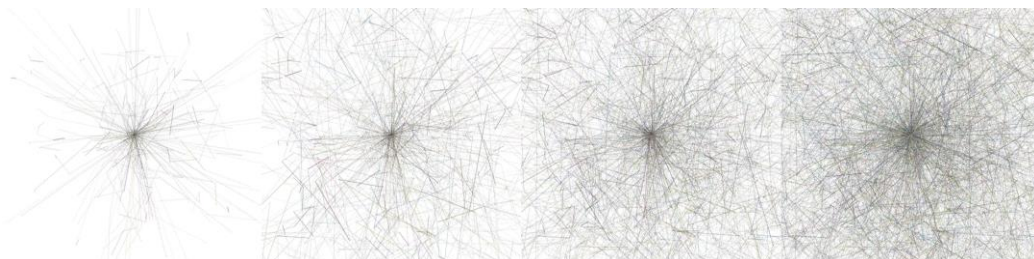
$$\begin{aligned}x_0 &= \frac{w}{2}, \quad y_0 = \frac{h}{2} \\ v_0 &= r_v, \quad r_v \sim \mathcal{U}(0.5, 3.5) \\ \theta_0 &= r_\theta, \quad r_\theta \sim \mathcal{U}(0, 2\pi)\end{aligned}\tag{3.4.2}$$

Maksimalan broj čestica iznosi 400. U svakom diskretnom vremenskom pomaku t (dakle, u svakom frejmu) postoji 5% šanse ($p = 0.5$) da se iznova uspostave vrednosti brzine v i ugla θ :

$$\begin{aligned}r_t > r_p &\rightarrow v_t = r_v, \quad r_v \sim \mathcal{U}(0.5, 3.5); \quad \theta_t = r_\theta, \quad r_\theta \sim \mathcal{U}(0, 2\pi) \\ r_t &\sim \mathcal{U}(0, 100), \quad r_p = 95\end{aligned}\tag{3.4.3}$$

U slučaju ove vizuelizacije, dakle, ne dešava se promena brzine v i promena ugla θ u svakom pomaku. U 95% slučajeva (kada je $r_t \leq r_p$) važi $v_{t+1} = v_t$ i $\theta_{t+1} = \theta_t$; u 5% slučajeva (kada je $r_t > r_p$), brzina v i ugao θ računaju se na osnovu jednačine (3.4.3).

Zbog toga linije (putanje čestica) nisu zakrivljene, već ravne. Postiže se iskrzano, nervozno kretanje, od centra ka obodima (Slika 37). Krećući se, čestice crtaju linije koje emociju straha predstavljaju u skladu sa smernicama koje su dali autori poput Lockyera i Bartram (Lockyer & Bartram, 2012).



Slika 37. Prikaz promene vizuelizacije za emociju straha

4.2.3.5 Vizuelizacija emocije gađenja

Kretanje čestica koje vizuelizuje emociju gađenja može se opisati sledećim sistemom jednačina:

$$\begin{aligned}
 x_{t+1} &= x_t + v_t \sin \theta_t \\
 y_{t+1} &= y_t + v_t \cos \theta_t \\
 \theta_{t+1} &= \theta_t + \dot{\theta}_t \\
 \dot{\theta}_{t+1} &= \dot{\theta}_t + \ddot{\theta}
 \end{aligned} \tag{3.5.1}$$

Verovatnoća da se brzina v promeni u svakom pomaku t iznosi 0.1. Matematički izraz za promenu brzine glasi:

$$\begin{aligned}
 r_t > r_p &\rightarrow v_{t+1} = k_t v_t, \quad k_{t+1} = l k_t \\
 r_t \leq r_p &\rightarrow v_{t+1} = v_t, \quad k_{t+1} = k_t \\
 r_t &\sim \mathcal{U}(0, 10), \quad r_p = 9, \quad l = 1 - 10^{-5}
 \end{aligned} \tag{3.5.2}$$

Pravila notacije ista su kao i u prethodnim jednačinama, s tom razlikom što se u ovom slučaju faktor promene brzine k i sam menja (zavisno od verovatnoće, tj. od nasumičnog broja r_t , koji se generiše u svakom vremenskom pomaku t). l je konstanta koja utiče na faktor promene brzine k ; ona služi za postepeno umanjenje brzine v .

Početne vrednosti promenljivih iz jednačina (3.5.1) i (3.5.2) iznose:

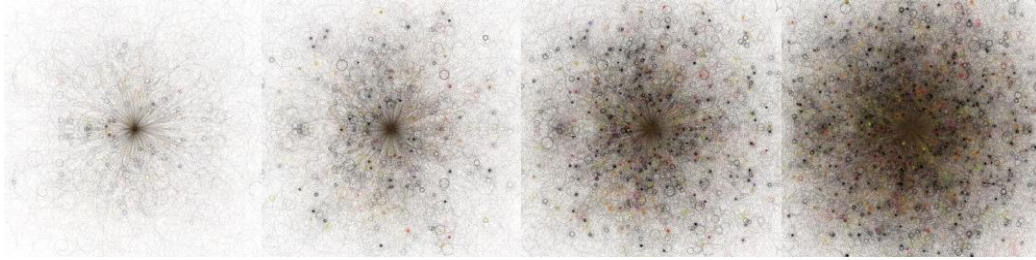
$$\begin{aligned}
 x_0 &= \frac{w}{2}, \quad y_0 = \frac{h}{2} \\
 v_0 &= r_v, \quad r_v \sim \mathcal{U}(1, 6) \\
 k_0 &= r_k, \quad r_k \sim \mathcal{U}(0.95, 1) \\
 \theta_0 &= r_\theta, \quad r_\theta \sim \mathcal{U}(0, 2\pi)
 \end{aligned} \tag{3.3.2}$$

$$\dot{\theta}_0 = 0$$

$$\ddot{\theta} = r_{\ddot{\theta}}, r_{\ddot{\theta}} \sim \mathcal{U}(-0.001, 0.001)$$

Maksimalan broj čestica za vizuelizaciju emocije gađenja iznosi 900.

Kod emocije gađenja težilo se postepenoj promeni teksture i zatamnjenju generativnog prostora. Nalik na vizuelizaciju emocije radosti, i ovde se generišu spiralne putanje; međutim, zbog faktora l , kojim se umanjuje čestična brzina v , izostaju karakteristični kružni oblici. Umesto njih, čestice se najčešće skupljaju u tačku ili neku vrstu grudve, što bi se, u kombinaciji s turobnom paletom boja za ovaj tip emocije, moglo dovesti u asocijativnu vezu s procesom truljenja ili buđi (Slika 38).



Slika 38. Prikaz promene vizuelizacije za emociju gađenja

4.2.3.6 Vizuelizacija emocije iznenađenja

Emocija iznenađenja reprezentovana je česticama čije kretanje opisuje sledeći sistem jednačina:

$$\begin{aligned} x_{t+1} &= x_t + v_t \sin \theta_t \\ y_{t+1} &= y_t + v_t \cos \theta_t \\ \theta_{t+1} &= \theta_t + \dot{\theta}_t \\ \dot{\theta}_{t+1} &= \dot{\theta}_t + \ddot{\theta} \\ v_{t+1} &= k_t v_t \\ k_{t+1} &= l k_t \end{aligned} \tag{3.6.1}$$

Kao u slučaju emocije gađenja, i kod “iznenađenih” čestica promenljiva k i konstanta l odnose se na faktore koji utiču na promenu brzine. Početne vrednosti ovog sistema jednačina iznose:

$$\begin{aligned} x_0 &= \frac{w}{2}, y_0 = \frac{h}{2} \\ v_0 &= r_v, r_v \sim \mathcal{U}(1, 6) \\ k_0 &= r_k, r_k \sim \mathcal{U}(0.95, 1.001) \\ l &= 1 - 10^{-4} \\ \theta_0 &= r_{\theta}, r_{\theta} \sim \mathcal{U}(0, 2\pi) \end{aligned} \tag{3.6.2}$$

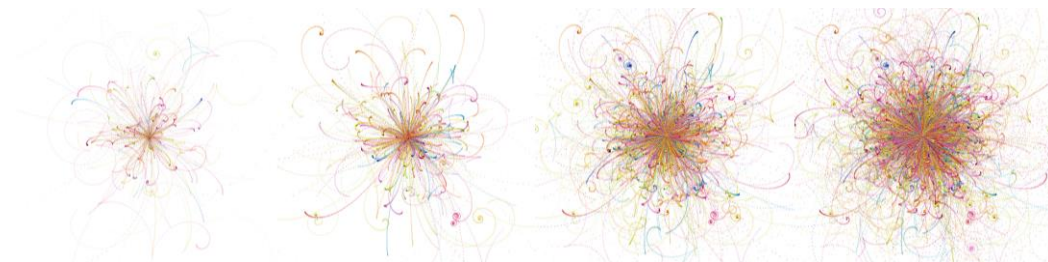
$$\begin{aligned}\dot{\theta}_0 &= 0 \\ \ddot{\theta} &= r_{\ddot{\theta}}, r_{\ddot{\theta}} \sim \mathcal{U}(-0.001, 0.001)\end{aligned}$$

U svakom vremenskom pomaku t postoji verovatnoća koja iznosi 0.02 da brzina v dobije negativni predznak i da se promeni faktor promene brzine k :

$$\begin{aligned}r_t > r_p &\rightarrow v_{t+1} = -v_t, k_{t+1} = 2 - k_t \\ r_t \leq r_p &\rightarrow v_{t+1} = k_t v_t, k_{t+1} = l k_t \\ r_t &\sim \mathcal{U}(0, 100), r_p = 98\end{aligned}\tag{3.6.3}$$

Ukoliko se uslov ne ispuni ($r_t \leq r_p$), vrednosti v_{t+1} i k_{t+1} računaju se po formulama iz sistema jednačina (3.6.1).

Maksimalan broj čestica koje ilustruju emociju iznenađenja iznosi 200. Slika 39 prikazuje vizuelizaciju koja se realizuje uz pomoć ovih jednačina. Dizajn vizuelizacije emocije iznenađenja vođen je težnjom za grafički sličnom, ali vizuelno intenzivnijom animacijom od one koja se koristi za emociju radosti. To je postignuto tako što se položaj čestice menja brže (uz pomoć faktora k i l) i na nasumičnije načine (uz pomoć promene brzine zavisno od r_t).



Slika 39. Prikaz promene vizuelizacije za emociju iznenađenja

4.2.3.7 Vizuelizacija emocionalne neutralnosti

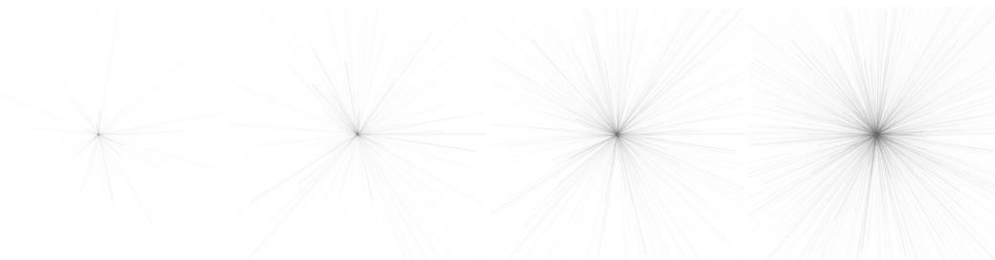
Kako bi vizuelizacioni sistem mogao da reaguje i u slučajevima kada nijedna emocija nije prepoznata u tekstu, dizajnirana je posebna vizuelizacija za neutralnost. Sistem jednačina koji opisuje kretanje neutralnih čestica definisan je na sledeći način:

$$\begin{aligned}x_{t+1} &= x_t + v_t \sin \theta_t \\ y_{t+1} &= y_t + v_t \cos \theta_t\end{aligned}\tag{3.7.1}$$

Početne vrednosti za koordinate, brzinu i ugao iznose:

$$\begin{aligned}x_0 &= \frac{w}{2}, y_0 = \frac{h}{2} \\ v_0 &= r_v, r_v \sim \mathcal{U}(0.5, 3.5) \\ \theta_0 &= r_{\theta}, r_{\theta} \sim \mathcal{U}(0, 2\pi)\end{aligned}\tag{3.7.2}$$

U ovom slučaju, generiše se samo 30 čestica (za ostale tipove emocija generiše se maksimalno 200–900); čestice se boje nijansama sive. Njihovo je kretanje mirno, suptilno i neometajuće (što je omogućeno konstantnim vrednostima brzine v i ugla θ), ali se korisniku ipak daje do znanja da je sistem aktivan. Slika 40 prikazuje neutralnu vizuelizaciju.



Slika 40. Prikaz promene neutralne vizuelizacije

Tokom generisanja svake od 7 navedenih vizuelizacija, u svakom vremenskom pomaku t , postoji verovatnoća da se koordinate čestice resetuju na početne vrednosti, tj. da se čestica vrati u početno, centralno stanje. To je otuda što čestice često izađu iz okvira generativnog prostora ili ostanu zarobljene u kružnom kretanju. Ova verovatnoća matematički se može izraziti na sledeći način:

$$\begin{aligned} r_t > r_p &\rightarrow x_t = \frac{w}{2}, y_t = \frac{h}{2} \\ r_t &\sim \mathcal{U}(0, 1000) \end{aligned} \quad (3.8)$$

Promenljiva r_p ima različite vrednosti za različite tipove emocija, shodno vizuelnom efektu koji se želi postići. Vrednost ove promenljive varira između 700 i 950; uzevši u obzir skup $\mathcal{U}(0, 1000)$, to znači da verovatnoća da se koordinate čestica resetuju varira između 0.7 i 0.95.

4.2.4 Semantička anotacija vizuelizacija

Vizuelizacioni sistemi Synemania i Hoolovoo sastoje se od po 7 pojedinačnih vizuelizacija za svaki tip emocije (6 Ekmanovih i 1 neutralnu). Ovi sistemi realizovani su kao male biblioteke softverskih klasa, u kojima je za svaki tip emocije zadužena jedna klasa, kojom je implementiran odgovarajući generativni algoritam u skladu sa sistemima jednačina opisanim u Odeljku 4.2.3.

Anotacija vizuelizacija obavljena je manuelno. Svako od 7+7 softverskih klasa – koje predstavljaju vizuelizacije u okviru sistema Synemania i Hoolovoo – pridružena je anotacija u obliku instance klase SoftwareSourceCode. U pitanju je klasa vokabulara Schema.org³⁰. SoftwareSourceCode nasleđuje klasu CreativeWork,

³⁰ <http://schema.org/>

kojom se anotiraju kreativni radovi u najširem smislu, od softverskih do muzičkih, grafičkih ili literarnih.

Kao vokabular, izabran je Schema.org jer se radi o široko zastupljenom vokabularu, koji je uz to i jednostavan za korišćenje. Budući da pristup predstavljen u ovom radu podrazumeva manuelno anotirane vizuelizacije, poželjno je da sistem za anotaciju vizuelizacija bude dovoljno jednostavan kako bi mogli da ga koriste dizajneri koji nisu iskusni u pogledu semantičkih tehnologija. Naime, Synemania i Hoolooovo kreirane su kao ilustracije pristupa predstavljenog u ovom radu. Uopšte uzev, predstavljeni pristup, zajedno sa softverskom bibliotekom Synesketch – koja je objavljena na Vebu kao otvorena i slobodno licencirana – dozvoljava i podstiče druge dizajnere da prave svoje vizuelizacije emocija.

Slika 41 predstavlja primer ovakve anotacije, za emociju besa (*anger*). U skladu sa vokabularom Schema.org, označene su karakteristike vizuelizacije, poput imena softverske klase kojom se vizuelizacija realizuje (“schema:name”), tekstualnog opisa (“schema:description”), formata datoteke (“schema:fileFormat”), programskog jezika u kome je klasa pisana (“schema:programmingLanguage”), kao i medijskog žanra u okviru koga se vizuelizacija može svrstati kao medijski rad (“schema:genre”).

```
@prefix schema: <http://schema.org/> .

<http://krcadinac.com/synesketch/synemania/anger0> a schema:SoftwareSourceCode ;
  schema:codeRepository "http://krcadinac.com/synesketch/" ;
  schema:mainEntity
    "http://www.gsi.dit.upm.es/ontologies/wnaffect/ns#anger" ;
  schema:name
    "synesketch.art.sketch.synemania.SynemaniaVisualizationAnger" ;
  schema:description
    "An evocative visualization (generative animation)of anger, defined
    by the Synesketch's visualization system Synemania, taking form of
    fast, intense and dense radial lines" ;
  schema:fileFormat "Java" ;
  schema:programmingLanguage "Java" ;
  schema:runtimePlatform "Java v5" .
  schema:genre "Abstract Evocative Animation" ;
  schema:keywords
    "fast, red, angry, mad, furious, center, radial, strong, full, particle,
    physics, simulation, generative, fire, blood, burning, explosion, flame" .
```

Slika 41. Primer semantičke anotacije vizuelizacije besa u okviru sistema Synemania; anotacija, prikazana u formatu Turtle, predstavljena je kao instanca klase SoftwareSourceCode, koja nasleđuje klasu CreativeWork u okviru vokabulara Schema.org

Kao kriterijum za dinamičko povezivanje (mapiranje) vizuelizacija i emocija, u ovoj disertaciji usvojen je dominantan tip emocije prepoznate u tekstu. Otuda je svaka vizuelizacija označena tipom emocije, što je realizovano posredstvom predikata “schema:mainEntity”. Vrednosti koje ova veza može imati ograničene su na 6 klasa Onyx-ove implementacije “Velike šestorke”. U neutralnom ili neemocionalnom slučaju, koristi se klasa “wna:neutral-emotion”, definisana u okviru modela “wna:OnyxModel”. Najzad, termin “schema:keywords” sadrži skup

ključnih reči (tagova) koji dodatno opisuju datu vizuelizaciju. U ovom primeru, vizuelizacija emocije besa sadrži ključne reči poput “brzo”, “crveno”, “besno”, “krv”, “radijalno,”, “simulacija”, “eksplozija”, “vatra”, itd.

4.3 Dinamičko povezivanje teksta, emocija i vizuelizacija na osnovu semantičkih anotacija

Dinamičko mapiranje teksta i vizuelizacija vrši se na osnovu koncepata koji semantički opisuju tipove emocije. Kao što je objašnjeno u odeljku 4.1.4, u slučaju Ekmanovih tipova radi se o konceptima predstavljenim Onyx-ovim modelom “emoml:big6”; u slučaju neutralnog tipa, u pitanju je koncept “wna:neutral-emotion”.

Algoritam za dinamičko povezivanje emocija i vizuelizacija, kao ulazni parametar, u realnom vremenu dobija semantičke anotacije teksta. Nakon što mu se prosledi anotacija, algoritam iz nje preuzima skup prepoznatih emocija. Svaka instanca u ovom skupu sadrži tip emocije (predstavljen vezom “onyx:hasEmotionCategory”) i emocionalnu težinu, tj. intenzitet emocije (predstavljen vezom “onyx:hasEmotionCategory”). Na osnovu emocionalnih intenziteta, algoritam utvrđuje dominantnu emociju. Nakon toga, algoritam pretražuje biblioteku vizuelizacija tražeći onu koja je anotirana istim tipom emocije. U okviru semantičke anotacije vizuelizacija, tip emocije predstavljen je predikatom “schema:mainEntity”. Nakon što se poklope vrednosti emocionalnih kategorija, algoritam pokreće adekvatnu vizuelizaciju. Sistem generiše vizuale sve dok ne dobije novi tekstualni ulaz, nakon čega se iznova pokreće čitav proces, tj. započinje novi ciklus prepoznavanja, anotacije, mapiranja i vizuelizacije.

Ostavljena je mogućnost da korisnici predstavljenog pristupa i softverske biblioteke definišu svoje kriterijume za mapiranje. Termin “schema:keywords” sadrži skup ključnih reči (tagova) koji dodatno opisuju datu vizuelizaciju; na osnovu njih moguće je definisati dodatna pravila na osnovu kojih se mapiranje vrši. Primera radi, ukoliko se pogleda anotacija koju prikazuje Slika 41, vizuelizacija emocije besa sadrži ključne reči poput “brzo”, “crveno”, “besno”, “krv”, “radijalno,”, “simulacija”, “eksplozija”, “vatra”, itd. Potencijalni sistem zasnovan na pravilima mogao bi da uzme u obzir i ove reči pri postupku dinamičkog povezivanja vizuelizacija i emocija. Uz veću biblioteku različitih varijeteta vizuelizacije besa (čije su razlike predstavljene u formi različitih skupova ključnih reči), potencijalni sistem mogao bi da različito prikazuje različite kontekste u kojima se bes pominje u tekstu. Recimo, bes usmeren ka sebi (autoru teksta) drugačije bi se mogao predstaviti od besa usmerenog ka nekom objektu, ka drugoj osobi ili ka sagovorniku tokom računarski posredovane tekstualne razmene (npr. četa).

5 Implementacija

Predstavljeni pristup prepoznavanju, anotaciji i vizuelizaciji emocija prepoznatih u tekstu – odnosno, dinamičkom mapiranju teksta i vizuala posredstvom prepoznatih emocija – implementiran je posredstvom softverskog sistema Synesketch (verzija 2.0). U Odeljku 5.1 predstavljena je arhitektura sistema i obrazložene su projektne odluke iz perspektive softverskog inženjerstva. U Odeljku 5.2 predstavljena je arhitektura dodatnog softverskog sistema SynesketchLex, čija je funkcija kreiranje leksikona reči u skladu sa algoritmom opisanim u Odeljku 4.1.1.

Softver opisan u ovom poglavlju (Synesketch i SynesketchLex) implementiran je u programskom jeziku Java³¹ (verzija Standard Edition 1.7). Za potrebe dizajna vizuelizacija korišćena je softverska biblioteka Processing³². Kao razvojno okruženje, korišćeni su Eclipse³³ (verzije Callisto 3.2 i Luna 4.4) i Processing-ovo razvojno okruženje, Processing Development Environment³⁴ (PDE).

Kompletan kod sistema Synesketch arhiviran je u formatu JAR fajla, arhive ili biblioteke programskog jezika Java, i dostupan je na Vebu³⁵. Radi se o slobodno licenciranoj biblioteci otvorenog koda, koja je dostupna za druge inženjere, istraživače i dizajnere. Projekti zasnovani na dosadašnjim verzijama softvera Synesketch izloženi su u Odeljku 7.2.

5.1 Arhitektura softverskog sistema Synesketch

Predloženi softverski sistem za prepoznavanje, anotaciju i vizuelizaciju emocija u tekstu, može se razdvojiti na tri softverska modula:

- (1) softverski modul za prepoznavanje emocija izraženih u tekstu, koji je odgovoran za parsiranje teksta, prepoznavanje emocija i računanje emocionalnog vektora i emocionalne valence; ovaj modul zasnovan je na algoritmu koji koristi heuristička pravila, opisanom u Odeljku 4.1.3; modul koristi leksikon reči i leksikon emotikona, koji su kreirani u skladu s pristupima opisanim u Odeljcima 4.1.1 i 4.1.2;

³¹ <http://java.com/>

³² <https://processing.org/>

³³ <http://www.eclipse.org/>

³⁴ <https://processing.org/reference/environment/#PDE>

³⁵ <http://krcadinac.com/synesketch/#download>

- (2) softverski modul za anotaciju emocija prepoznatih u tekstu, koji je odgovoran za kreiranje semantičkih anotacija; ovaj modul zasnovan je na pristupu opisanom u Odeljku 4.1.4;
- (3) softverski modul za dinamičko povezivanje i vizuelizaciju, koji je odgovoran za mapiranje emocija na vizuale, kao i kreiranje (generisanje) vizuelnog izlaza iz sistema; ovaj modul zasnovan je na algoritmu za dinamičko povezivanje, opisanom u Odeljku 4.3, dok se svaka vizuelizacija ponaosob generiše u skladu s pristupom i algoritmima opisanim u Odeljku 4.2.

Moduli su međusobno povezani u skladu s konceptualnim dijagramom koji prikazuje Slika 24 iz Poglavlja 4.

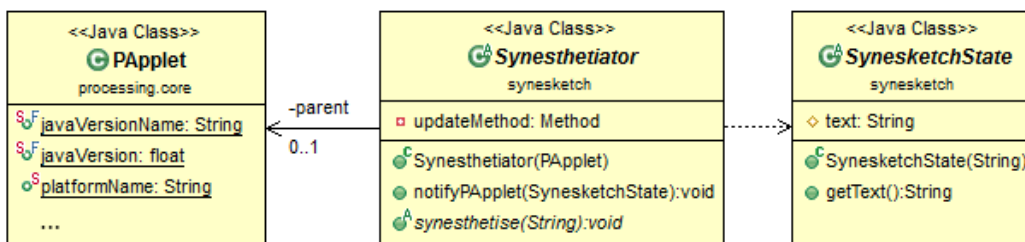
Zajedno uzet, ova tri modula čine opštu softversku biblioteku i aplikacioni programski interfejs (*API – Application Programming Interface*) softverskog sistema Synesketch. Razdvojenost modula obezbeđuje da se svaki modul ponaosob može menjati nezavisno od ostalih. Sem toga, razdvojenost daje mogućnost daljeg proširenja predloženog sistema.

Sistem je projektovan u skladu s načelima dobre prakse objektno-orijentisanog dizajna, s posebnim akcentom na upotrebi softverskih projektnih obrazaca (*software design patterns*). U pitanju su ponovno upotrebljiva opšta rešenja za česte probleme u razvoju softvera (Gamma, 1995), čiji je koncept podstaknut Alexanderovim radovima u oblasti teorije arhitekture (Alexander, 1977, 1979). Upotreba projektnih obrazaca osobito je važna u kontekstu dalje upotrebe sistema od strane drugih istraživača, inženjera i dizajnera.

5.1.1 Apstraktni sloj Synesketch arhitekture

Na apstraktnom nivou, u okviru sistema Synesketch, definisane su dve apstraktne softverske klase: `Synesthetiator` i `SynesketchState`. `Synesthetiator` je klasa koja, u najširem smislu, enkapsulira proces pretvaranja teksta u podatke za vizuelizaciju. `SynesketchState` enkapsulira te podatke, obezbeđujući ih sistemu za vizuelizaciju.

Slika 42 prikazuje UML dijagram klasa (*Unified Modeling Language class diagram*) koje čine apstraktni sloj sistema Synesketch, `Synesthetiator` i `SynesketchState`, uz dodatak eksterne klase `PApplet`, koja pripada biblioteci Processing. Sve generativne animirane vizuelizacije o kojima je reč u ovoj disertaciji implementirane su kao podklase Processing-ove klase `PApplet`.



Slika 42. UML dijagram klase koje čine apstraktni sloj sistema Synesketch, **Synesthetiator** i **SynesketchState**, uz dodatak eksterne klase **PApplet**, koja pripada biblioteci Processing³⁶

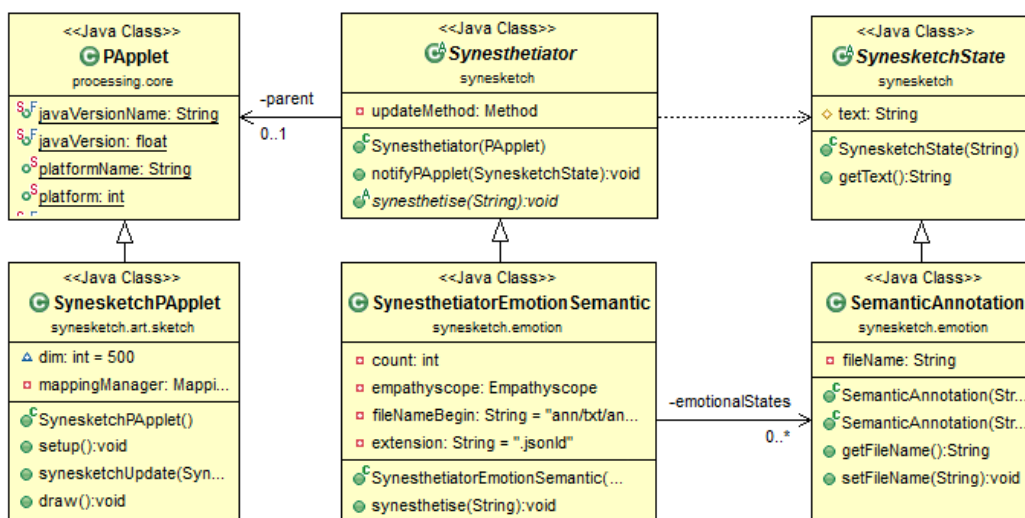
Proces analize teksta obuhvaćen je metodom `synesthetise()` klase `Synesthetiator`. Čitav sistem funkcioniše dinamički, što znači da se analiza i vizuelizacija teksta vrši u realnom vremenu. To je omogućeno posredstvom modifikovanog projektnog obrasca Observer (Gamma, 1995). Naime, objekat tipa `Synesthetiator` poseduje referencu na vizuelizaciju, tj. objekat klase `PApplet`. Nakon što sistem primi novi tekstualni ulaz, `Synesthetiator` obaveštava vizuelizaciju o novim rezultatima analize teksta tako što vizuelizaciji prosleđuje objekat klase `SynesketchState`, putem metode `notifyPApplet()`. U okviru vizuelizacione klase, pak, implementiran je način na koji se koriste ovi podaci (enkapsulirani objektom klase `SynesketchState`).

Na konkretnom nivou, uz pomoć sistema nasleđivanja u kontekstu objektno-orijentisanog dizajna softvera, implementirane su konkretne klase koje proširuju ove funkcionalnosti: `SynesthetiatorEmotionSemantic` (koja nasleđuje klasu `Synesthetiator`), `SemanticAnnotation` (koja nasleđuje klasu `SynesketchState`) i `SynesketchPApplet` (koja nasleđuje klasu `PApplet`). Uz pomoć ove tri konkretne klase implementirane su funkcionalnosti vezane za prepoznavanje, anotaciju i vizuelizaciju emocija izraženih u tekstu.

Slika 43 ilustruje ovaj sistem. Klase `SynesthetiatorEmotionSemantic` i `SemanticAnnotation` (na desnoj strani dijagrama) implementiraju module (1) i (2), odgovorne za prepoznavanje i anotaciju emocija izraženih u tekstu, respektivno. Klasa `SynesketchPApplet` (na levoj strani dijagrama) implementira modul (3), zadužen za dinamičko mapiranje i vizuelizaciju.

Konkretno, objekat klase `SynesthetiatorEmotionSemantic` sadrži listu objekata klase `SemanticAnnotation` (`List<SemanticAnnotation>`). Svaki put kada sistem primi novi tekstualni ulaz i obavi se analiza i anotacija teksta, u pomenutu listu se dodaje nova semantička anotacija u formi objekta klase `SemanticAnnotation`.

³⁶ Tri tačke na dnu spiska metoda klase `PApplet` odnose se na atribute i metode koje su izostavljene zbog preglednosti dijagrama. Ova konvencija važi kako za ovaj dijagram, tako i za sve ostale UML dijagrame u Poglavlju 5.



Slika 43. UML dijagram klasa koje čine apstraktni i konkretni sloj sistema Synesketech; apstraktni sloj (**Synesthetiator** i **SynesketechState**) opisuje konceptualno funkcionisanje sistema, dok konkretni sloj (**SynesketechPApplet**, **SynesthetiatorEmotionSemantic** i **SemanticAnnotation**) implementira algoritme za prepoznavanje, anotaciju i vizuelizaciju emocija izraženih u tekstu

Objekat vizuelizacione klasa `SynesketechPApplet` biva obavešten o novoj semantičkoj anotaciji tako što mu se ona, putem metode `notifyPApplet()`, prosledi kao objekat svog nadtipa, `SynesketechState`.

Na ovaj način, konceptualizacija je odvojena od realizacije; time je omogućeno da sistem bude modularan i da se može proširivati. Korisnicima softverske biblioteke Synesketech (drugim istraživačima i inženjerima) omogućeno je da, umesto klasa `SynesthetiatorEmotionSemantic` i `SemanticAnnotation`, kreiraju druge klase, koje nasleđuju apstraktne klase `Synesthetiator` i `SynesketechState`, i koje na drugi način analiziraju tekstualni ulaz i pretvaraju ga u podatke za vizuelizaciju.

Te nove klase bi, primera radi, mogle da vrše analizu sentimenata u tekstu, da procenjuju na kom je jeziku tekst napisan, da računaju dužinu reči i rečenica ili pak nešto sasvim drugo – a da pritom ostane netaknut mehanizam komunikacije između klasa `Synesthetiator` i `PApplet`, odnosno između klasa koje se bave analizom i anotacijom teksta i klasa koje se bave vizuelizacijom podataka o tekstu.

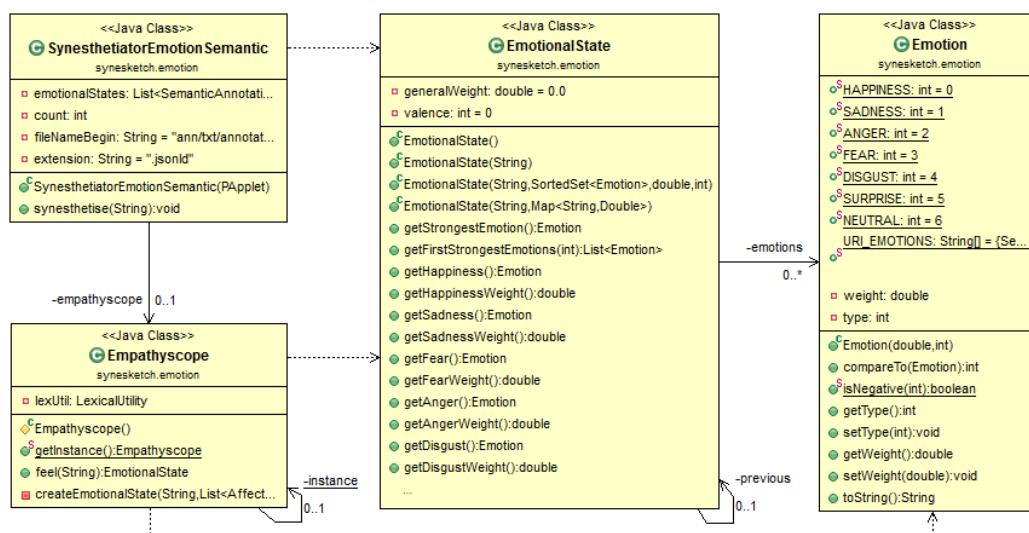
U daljem tekstu razmatra se objektno-orijentisani model sistema u odnosu na svaki modul ponaosob. Najpre su opisani moduli (1) i (2), posvećeni prepoznavanju i anotaciji emocija izraženih u tekstu, čije se funkcionalnosti aktiviraju pozivom metode `synesthetise()` klase `SynesthetiatorEmotionSemantic`. Zatim je objašnjen modul (3), odnosno mehanizam dinamičkog povezivanja podataka anotiranih emocijama i vizuelizacija.

5.1.2 Softverski modul za prepoznavanje emocija izraženih u tekstu

Softverski modul (podsystem) za prepoznavanje emocija izraženih u tekstu vrši parsiranje teksta i generisanje emocionalnog vektora i emocionalne valence, u skladu s algoritmom opisanim u Odeljku 4.1.

Objekat klase `SynesthetiatorEmotionSemantic` vrši prepoznavanje emocija u tekstu uz pomoć klase `Empathyscope`, koja implementira algoritam za prepoznavanje emocija u tekstu, opisan u Odeljku 4.1. Metoda `feel()` klase `Empathyscope` odgovorna je za prepoznavanje emocija u tekstu; ona kao argument prima tekst (jednu rečenicu, tvit ili fragmet sa četa), a vraća emocionalni vektor i emocionalnu valencu, enkapsulirane u obliku objekta klase `EmotionalState`. Na osnovu tog objekta, modul za anotaciju generiše semantičku anotaciju (odnosno, objekat klase `SemanticAnnotation`), koja se potom prosleđuje modulu za vizuelizaciju. S obzirom da je jedan objekat tipa `Empathyscope` dovoljan za funkcionisanje čitavog sistema, klasa `Empathyscope` napravljena je uz pomoć projektnog obrasca Singleton (Gamma, 1995). Unikatni objekat tipa `Empathyscope` dobija se pozivom javne metode `getInstance()`.

Slika 44 prikazuje UML dijagram klase na kome se, pored varijabli i operacija, vide strukturne veze između klase `SynesthetiatorEmotionSemantic`, `EmpathyScope`, `EmotionalState` i `Emotion`.



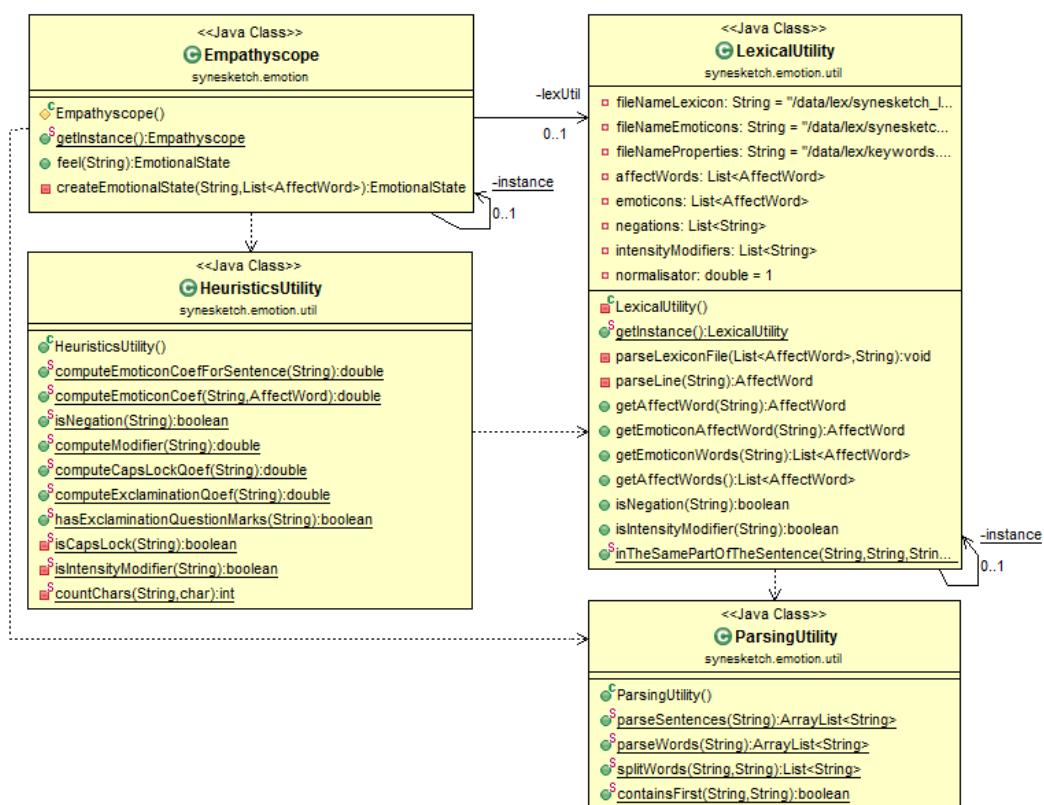
Slika 44. UML dijagram klase za klase `SynesthetiatorEmotionSemantic`, `EmpathyScope`, `EmotionalState` i `Emotion`

Težinski koeficijenti za svaki tip emocije enkapsulirani su klasom `Emotion`. U okviru objekta klase `EmotionalState`, objekti klase `Emotion` čuvaju se u obliku sortiranog skupa, tj. objekta tipa `SortedSet<Emotion>`. Klasa `Emotion`

implementira interfejs `Comparable` i omogućava sortiranje po vrednosti težinskog koeficijenta. `EmotionalState` obezbeđuje standardne funkcionalnosti: utvrđivanje tipa najснаžnije emocije, vrednost njenog težinskog koeficijenta, i sl.

Za parsiranje teksta zadužena je klasa `ParsingUtility`; pritom je za konkretnu podelu teksta na tokene i reči korišćena već postojeća Java klasa `java.text.BreakIterator`. Za primenu heurističkih pravila odgovorna je klasa `HeuristicsUtility`. Prepoznavanje ključnih reči vrši se pomoću klase `LexicalUtility`, koja enkapsulira podatke iz leksikona, kao i dodatne ključne reči za negaciju i pojačavanje značenja, u skladu s definisanim heurističkim pravilima (Odeljak 4.1.3). `LexicalUtility` obezbeđuje sledeće funkcionalnosti: poređenje određene reči u tekstu sa rečju iz leksikona, utvrđivanje da li je neka reč emotikon, negacija ili služi za pojačavanje značenja, itd.

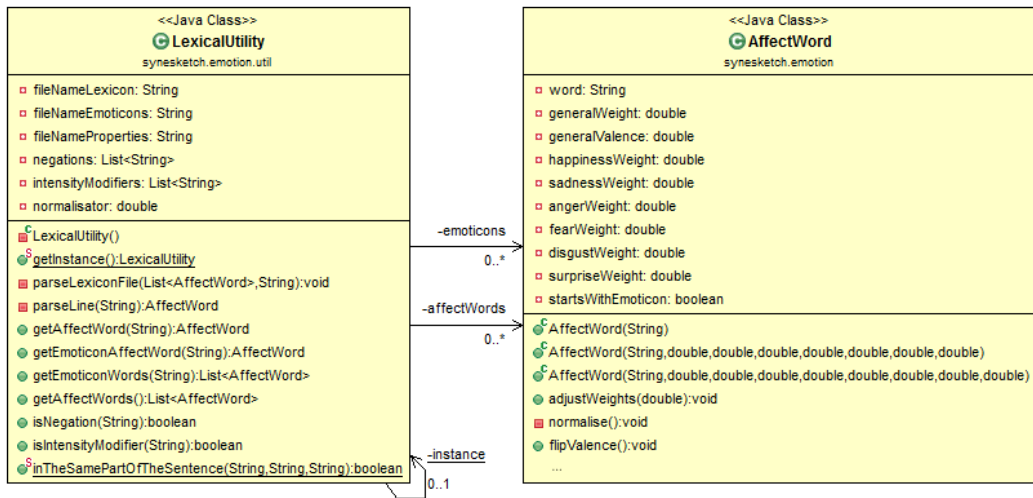
Slika 45, u formi UML dijagrama klasa, prikazuje strukturne veze između klasa `Empathyscope`, `LexicalUtility`, `HeuristicsUtility` i `ParsingUtility`.



Slika 45. UML dijagram klasa za klase `Empathyscope`, `LexicalUtility`, `HeuristicsUtility` i `ParsingUtility`

Reprezentacija emotivnih reči i emotikona iz leksikona reči i emotikona, respektivno, vrši se na bazi osnovne domenske klase `AffectWord`. Ova klasa enkapsulira reč ili emotikon zajedno s emocionalnim težinama za svaki tip emocije.

Slika 46 prikazuje UML dijagram klasa za klase `LexicalUtility` i `AffectWord`.



Slika 46. UML dijagram klasa za klase `LexicalUtility` i `AffectWord`

Klasa `LexicalUtility` takođe je napravljena je uz pomoć projektnog obrasca Singleton (Gamma, 1995). Unikatni objekat tipa `LexicalUtility` dobija se pozivom javne metode `getInstance()`. Objekat klase `LexicalUtility` sadrži dve liste objekata klase `AffectWord`: (a) listu `affectWords`, koja sadrži po jedan element za svaku reč iz leksikona reči, i (b) listu `emoticons`, koja sadrži po jedan element za svaki emotikon iz leksikona emotikona. Skupovi su realizovani kao imenovane liste tipa `List<AffectWord>`.

Za čuvanje leksičkih resursa korišćen je format XML (*Extensible Markup Language*). Slika 47 prikazuje primer XML fajla u kome se čuvaju dodatni leksički resursi, poput reči za negaciju i reči koje intenziviraju značenje.

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="no"?>
<!DOCTYPE properties SYSTEM "http://java.sun.com/dtd/properties.dtd">
<properties>
  <entry key="intensity.modifiers">
    very, awfully, dreadfully, eminently, exceedingly, exceptionally,
    extra, extremely, greatly, highly, most, notably, absolutely,
    awfully, completely, deeply, eminently, emphatically,
    exceedingly, greatly, great, highly, high, hugely, huge, mighty,
    most, much, notably, remarkably, strikingly, surpassingly, terribly
  </entry>
  <entry key="negations">
    no, not, don't, haven't, weren't, wasn't, didn't, hadn't, shouldn't,
    wouldn't, won't, dont, havent, werent, wasnt, didnt, hadnt, shouldnt,
    wouldnt, wont
  </entry>
</properties>
  
```

Slika 47. XML datoteka za čuvanje dodatnih leksičkih resursa

5.1.3 Softverski modul za anotaciju emocija prepoznatih u tekstu

Softverski modul (podsystem) za anotaciju emocija prepoznatih u tekstu vrši kreiranje semantičkih anotacija na osnovu emocionalnog vektora koji je proizveo modul za prepoznavanje emocija u tekstu. Semantička anotacija vrši se shodno pristupu opisanom u Odeljku 4.1.4.

Kao što je opisano u prethodnom odeljku, emocionalni vektor i emocionalna valenca generišu se u vidu objekta klase `EmotionalState`. Anotacija se vrši u okviru metode `synesthetise()` klase `SynesthetiatorEmotionSemantic`, tako što se objekat klase `EmotionalState` prosledi metodi `createEmotionModel()` koja pripada servisnoj klasi `SemanticAnnotationUtility`. Ova metoda, na osnovu podataka enkapsuliranih u objektu klase `EmotionalState`, generiše objekat klase `SemanticAnnotation`. Istovremeno se generiše semantička anotacija u obliku fajla u formatu JSON-LD³⁷.

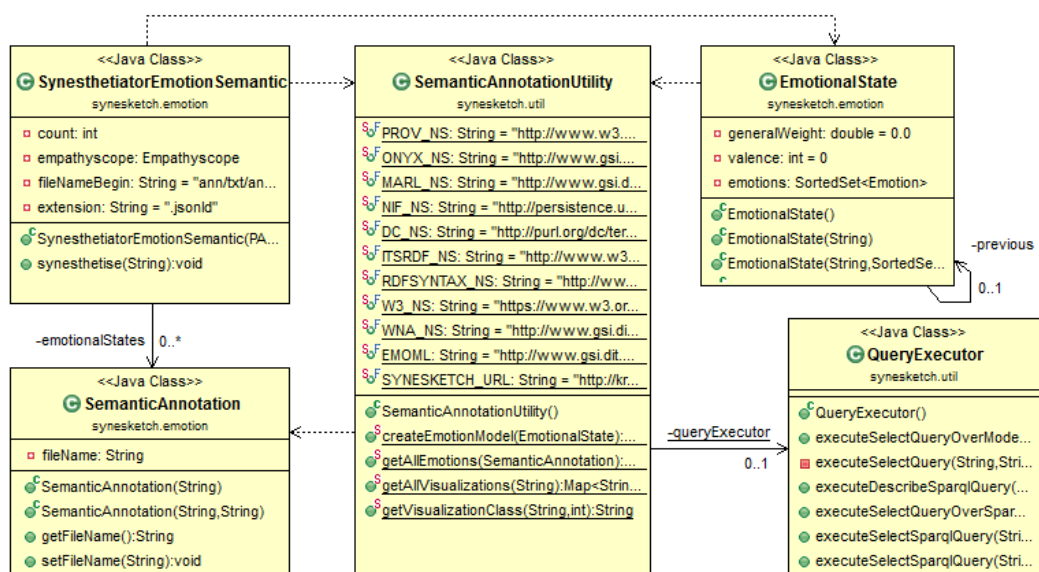
Proces semantičke anotacije obavlja se korišćenjem tehnologije Jena³⁸, odnosno, njene softverske biblioteke koja je prilagođena programskom jeziku Java. Kao projekat softverske fondacije Apache, Jena predstavlja okvir za izgradnju semantičkih aplikacija u jeziku Java. Jena obezbeđuje kolekciju alata za rad sa ontologijama i ontološkim instancama.

Softverski sistem Synesketch koristi Jena-u za potrebe upisivanja i čitanja fajlova koji predstavljaju semantičke anotacije. Ove funkcionalnosti enkapsulirane su u okviru klase `SemanticAnnotationUtility`, čija je metoda `createEmotionModel()` konkretno zadužena za kreiranje anotacije. Pritom se za predstavljanje semantičkog grafa koristi Jena-ina klasa `org.apache.jena.ontology.OntModel`, dok se za kreiranje grafa koristi metoda `createOntologyModel()` klase `org.apache.jena.rdf.model.ModelFactory`.

Slika 48, u obliku UML dijagrama klasa, predstavlja strukturne veze između klase `EmotionalState`, `SynesthetiatorEmotionSemantic`, `SemanticAnnotation`, `SemanticAnnotationUtility` i `QueryExecutor`. Ove softverske klase zajedno čine Synesketch-ov modul za semantičku anotaciju emocija prepoznatih u ulaznom tekstu.

³⁷ U pitanju je poseban oblik JSON-a (*JavaScript Object Notation*) prilagođen paradigmi Povezanih podataka (Linked Data – LD).

³⁸ <https://jena.apache.org/>



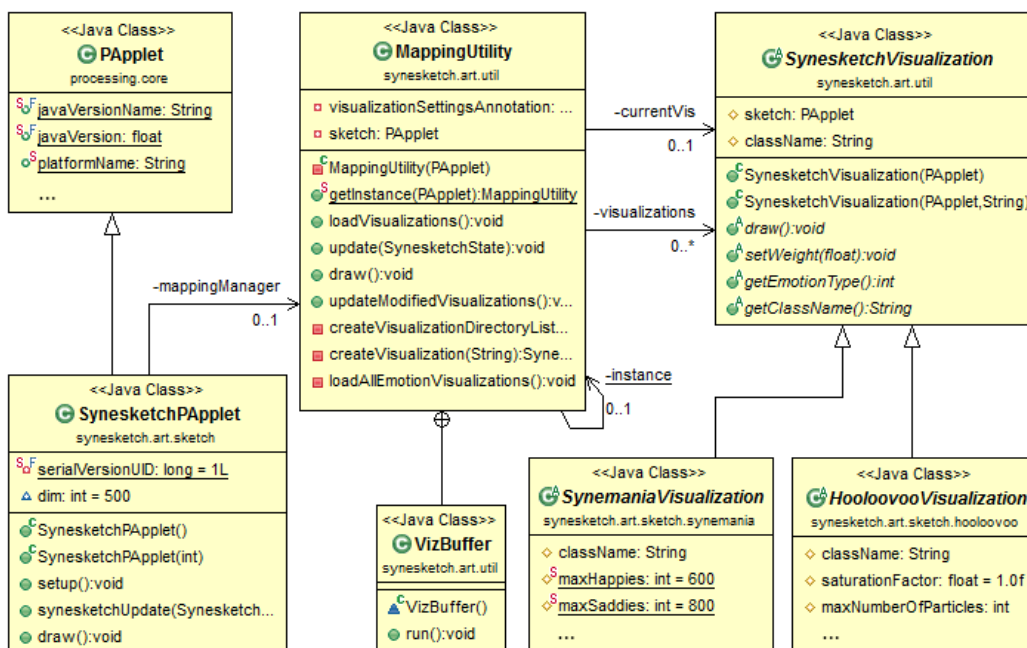
Slika 48. UML dijagram klase koje zajedno čine Synesketech-ov softverski modul za semantičku anotaciju emocija prepoznatih u ulaznom tekstu

U narednoj sekciji opisan je proces mapiranja emocija – zapisanih u obliku semantičke anotacije u formatu JSON-LD, koja se prosleđuje u formi objekta klase `SemanticAnnotation` – na interaktivne animirane vizuale. Za ovaj proces zadužen je modul (3).

5.1.4 Softverski modul za dinamičko povezivanje i vizuelizaciju

Softverski modul (podsystem) za dinamičko povezivanje i vizuelizaciju zadužen je za dinamičko mapiranje emocija na vizuale, kao i generisanje animiranih vizuelizacija u realnom vremenu. Proces dinamičkog mapiranja emocije-vizuali vrši se odmah pošto se završi analiza i anotacija unetog teksta. Proces je utemeljen na algoritmu za dinamičko povezivanje, opisanom u Odeljku 4.3. Vizuelizacije se generišu u skladu s tehnikom opisanom u Odeljku 4.2.

Slika 49 prikazuje strukturne odnose između klase koje su odgovorne za dinamičko povezivanje emocija i vizuala. Konkretno, objekat klase `SynesketechPApplet` (klase koja nasleđuje Processing-ovu klasu `PApplet`) poziva odgovarajuće metode objekta klase `MappingUtility`. Rešena kao obrazac Singleton (Gamma, 1995), klasa `MappingUtility` enkapsulira algoritam opisan u Odeljku 4.3.



Slika 49. UML dijagram klasa odgovornih za dinamičko povezivanje emocija i vizuelizacija

Objekat klase `MappingUtility` čita podatke iz prosledene semantičke anotacije teksta i pretražuje biblioteku vizuelizacija, tražeći adekvatnu softversku klasu za vizuelizovanje prepoznate emocije. Same vizuelizacije rešene su kao softverske klase koje nasleđuju apstraktnu klasu `SynesketchVisualization`. Vizuelizacija `Hoolooovoo` (Odeljak 4.2.2) implementirana je kao klasa `HoolooovooVisualization`, dok je vizuelizacija `Synemania` (Odeljak 4.2.3) implementirana kao klasa `SynemaniaVisualization`. Pojedinačne vizuelizacije, koje predstavljaju svaki tip emocije (6 Ekmanovih i jednu neutralnu), realizovane su kao konkretne klase koje nasleđuju apstraktne klase `HoolooovooVisualization` i `SynemaniaVisualization`; ovaj mehanizam detaljno je opisan u Odeljku 5.1.5.

U skladu s navedenim principima projektovanja softvera po kojima se ističe važnost razdvajanja konceptualizacije i realizacije (Gamma, 1995), `MappingUtility` ne mora da zna o kom se konkretnom sistemu vizuelizacije radi – da li je to `Synemania`, `Hoolooovoo` ili pak neki treći, koji bi definisao korisnik sistema `Synesketch` – niti koji je konkretni tip emocije potrebno vizuelizovati. Sistem funkcioniše na višem nivou, uz pomoć apstraktnih funkcionalnosti klase `SynesketchVisualization`.

Dinamičko mapiranje funkcioniše na sledeći način: `MappingUtility` sadrži dva atributa: (a) `currentVis`, objekat tipa `SynesketchVisualization`, uz pomoć kojeg se generišu trenutno aktivni vizuali (recimo, animacija crvenih linija, karakteristična za emociju besa); i (b) `visualizations`, koja predstavlja niz (*array*) objekata tipa `SynesketchVisualization` (niz sadrži po jednu vizuelizaciju za svaki od 7 tipova emocija). Svaki put kada se objektu klase `SynesketchPApplet` prosledi nova anotacija, metodama klase `MappingUtility`

proverava se da li je potrebno zameniti referencu trenutno aktuelne vizuelizacije `currentVis` nekom drugom vizuelizacijom iz niza `visualizations`; ukoliko jeste, dolazi do odgovarajuće zamene. Po pokretanju programa, kao predefinisana (*default*) vizuelizacija postavlja se vizuelizacija neutralne emocije.

Shodno pristupu opisanom u Odeljku 4.2.4, biblioteka vizuelizacija koje su opisane semantičkim anotacijama implementirana je kao kolekcija softverskih klasa, dok su same anotacije implementirane kao fajlovi u formatu JSON-LD.

Svakih 30 sekundi softverski sistem pristupa ovim fajlovima, proveravajući da li su se promenili nazivi klasa za vizuelizaciju svakog tipa emocije ponaosob. Ukoliko je došlo do promene, softver dinamički kreira nove vizuelizacije za prikaz prepoznatih emocija u tekstu (odnosno, nove objekte vizuelizacionih klasa, uz pomoć naziva klasa).

Tehnološki gledano, ovo je rešeno uz pomoć sistema softverskih niti (*threads*), koje omogućuju da se više softverskih procesa izvršava u isto vreme. U ovom slučaju, analiza teksta i generisanje vizuelizacija vrši se uporedo s nadziranjem biblioteke, tj. proveranjem da li se promenio neki podatak u biblioteci. Za implementaciju višenitnih procesa (*multithreading*) i nadziranja fajlova (*file monitoring*) korišćena je Java biblioteka Commons IO³⁹ fondacije Apache (verzija 2.5), kao i klasa `vizBuffer` (unutrašnja klasa klase `MappingUtility`), koja nasleđuje `java.lang.Thread`, klasu za implementaciju višenitnih sistema.

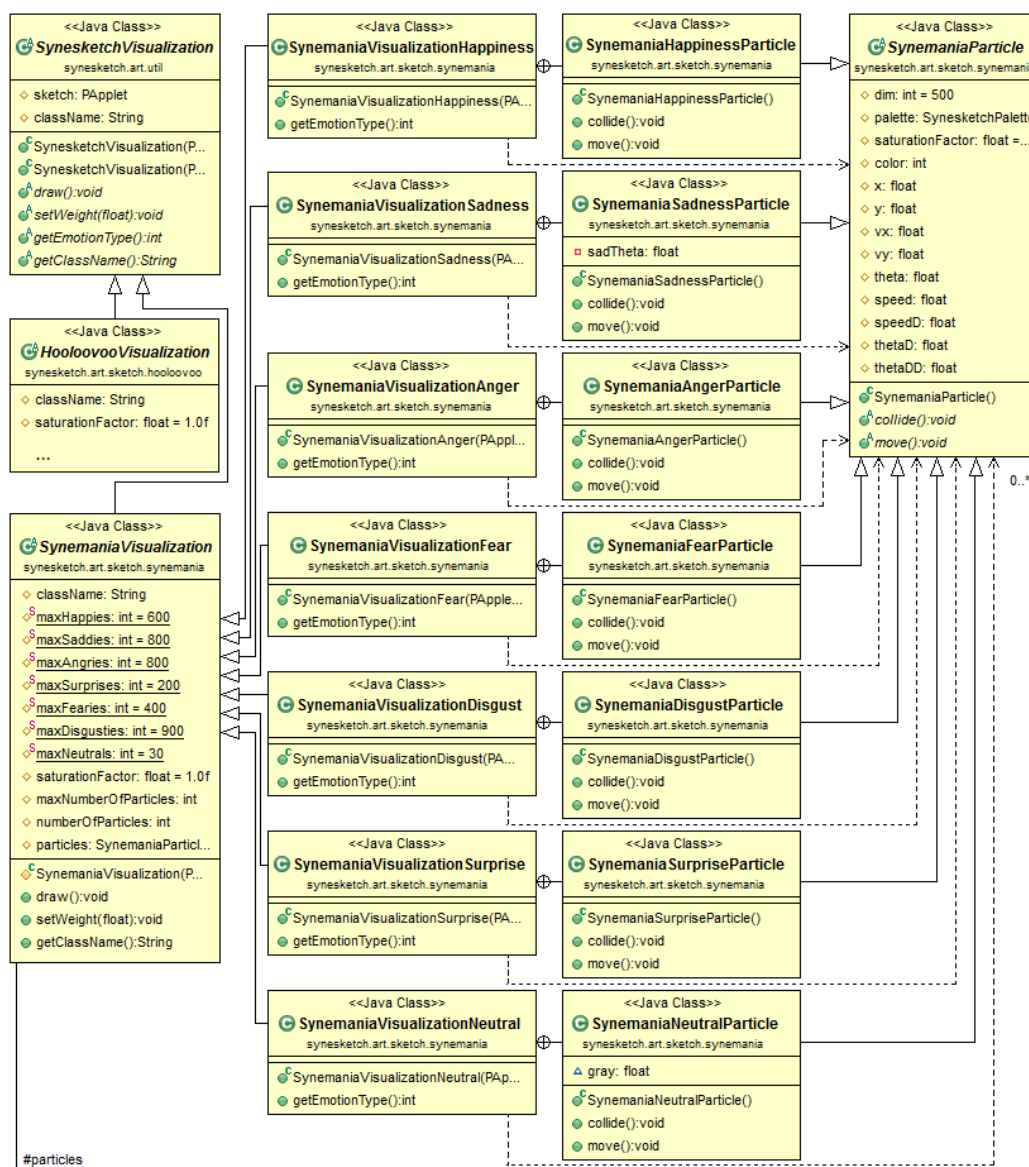
Ovakav višenitni mehanizam nadgledanja biblioteke vizuelizacija, kao i njihovog dinamičkog i generičkog kreiranja, omogućuje korisniku softverskog sistema Synesketch da u toku rada sistema, u realnom vremenu, ažurira klase koje opisuju vizuelizacije i na taj način promeni konkretne izlazne vizuale.

5.1.5 Implementacija vizuelizacija

Konkretne vizuelizacije sistema Hooloovoo i Synemania za svaki tip emocije implementirane su kao softverske klase, koje nasleđuju klase `HooloovooVisualization` i `SynemaniaVisualization`, respektivno; ove vizuelizacione klase samim tim nasleđuju i zajedničku nadklasu za oba sistema, klasu `SynesketchVisualization`.

Slika 50 prikazuje UML dijagram vizuelizacionih klasa na primeru sistema Synemania.

³⁹ <https://commons.apache.org/proper/commons-io/>



Slika 50. UML dijagram klasa kojima je implementiran vizuelizacijski sistem Synemania

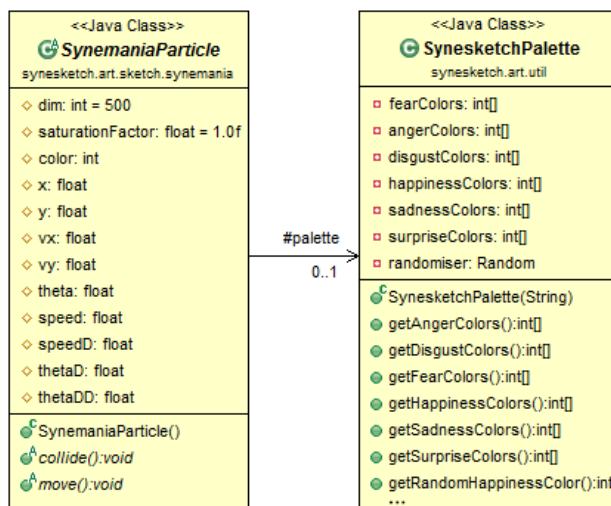
Metode vizuelizacionih klasa, uz pomoć reference na objekat tipa `PApplet` (odnosno, Processing-ov aplet ili skeč), ažuriraju vizuelizaciju. S obzirom da je Synemania, kako je objašnjeno u Odeljku 4.2.3, čestični sistem koji se sastoji od nekoliko stotina čestica, svaka od 7 vizuelizacionih klasa (po jedna za svaki tip emocije) sadrži unutrašnju klasu koja opisuje stvaranje i kretanje pojedinačne čestice.

Primeru radi, klasa `SynemaniaVisualizationHappiness`, vizuelizacija emocije radosti koja implementira sistem jednačina iz Odeljka 4.2.3.1, sadrži unutrašnju klasu `SynemaniaHappinessParticle`. Simulacija kretanja više stotina čestica obavlja se uz pomoć niza (*array*) objekata klase `SynemaniaHappinessParticle`,

pozivom metode `move()` za svaki objekat, tj. česticu. Početne vrednosti parametara postavljaju se pozivom metode `collide()`.

Svih 7 tipova čestica nasleđuju klasu `SynemaniaParticle`. Na nivou ove apstraktne klase definisano je ponašanje koje dele svi njeni podtipovi (metode `collide()` i `move()`), kao i parametri koje svi njeni podtipovi koriste. Ovi parametri odgovaraju promenljivama iz jednačina opisanih u Odeljku 4.2.3. Recimo, atribut `theta` odgovara promenljivoj θ , dok atribut `speed` odgovara promenljivoj v . U okviru klase `SynemaniaHappinessParticle`, koja nasleđuje klasu `SynemaniaParticle`, implementiran je konkretan metod čestičnog kretanja.

Klasa `SynemaniaParticle` sadrži referencu na objekat klase `SynesketchPalette`, kojoj je poveren posao upravljanja paletama boja (Slika 51).



Slika 51. UML dijagram klase `SynemaniaParticle` i `SynesketchPalette`

Klasa `SynesketchPalette` sadrži karakteristične metode za pristup paletama boja za svaki tip emocije, saglasno principu izloženom u Odeljku 4.2.1. Za reprezentaciju šestodelne palete boja korišćen je format XML (Slika 52).

Processing-ovi skečevi ili apleti – odnosno, u kontekstu Java tehnologije, objekti klase `PApplet` – funkcionišu tako što se u svakom frejmu poziva metoda `draw()`; ova metoda opisuje grafiku koja se iscrta u jediničnom frejmu. Brzim smenjivanjem frejmova stvara se efekat animacije. Za potrebe softvera predloženog u ovom radu, definisano je da se u svakoj sekundi iscrta 60 frejmova. To znači da se na nivou implementacije vizuelizacionog sistema `Synemania` – dakle, na nivou klase `SynemaniaVisualization` – 60 puta u sekundi poziva metoda `draw()` i to za svaku česticu iz niza čestica odgovarajućeg tipa. Klasa `SynemaniaVisualization`, naime, sadrži niz čestica tipa `SynemaniaParticle`.

```

<properties>
  <entry key="happiness.palette">
    feec20, ffe747, fff266, fecd07, ffb308, fe901f, fe6426, fe5420,
    fe1d17, fd1721, eb267e, 86e1fe, eaec02, fae100, fed201, fcd61b,
    feac00, fda800, ff7709, fe624b, fe1800, f90401, ee0701, b40001,
    53cf55, dacb00, f6d401, fccd01, f7d826, fea700, fc8100, fe4701,
    99675c, da0000, f10102, e10101, 6099d0, 8dd903
  </entry>
</properties>

```



Slika 52. Paleta boja za emociju radosti, predstavljena dvojako: (a) šiframa boja u standardnom heksadecimalnom formatu za matematičku reprezentaciju boja; i (b) obojenom matricom, u kojoj svaka boja odgovara jednoj šifri iz gornjeg niza

S obzirom da ovaj mehanizam funkcioniše jednako za sve pojedinačne vizuelizacione klase, metoda `draw()` definisana je na nivou apstraktne nadklase `SynemaniaVisualization`.

5.2 Arhitektura softverskog sistema za automatsko kreiranje leksikona reči

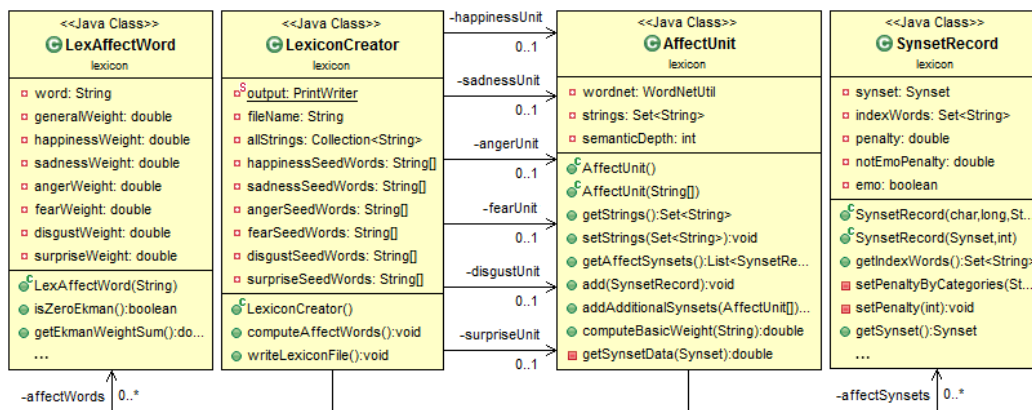
Za potrebe automatskog formiranja leksikona reči, načinjena je zasebna aplikacija `SynesketchLex`. Ova aplikacija implementira algoritam za generisanje leksikona, opisan u Odeljku 4.1.1.

Za potrebe sistema `SynesketchLex`, korišćena je elektronska leksička baza `WordNet 1.6`. Za pristupanje bazi `WordNet` korišćen je `JWNL`⁴⁰ (Java `WordNet Library`) API.

Slika 53 prikazuje dijagram Java klasa sistema `SynesketchLex`. Klasa `SynsetRecord` enkapsulira jedan `synset` (skup sinonima) iz `WordNet-a`, zajedno sa skupom reči koje pripadaju datom `synsetu`. Klasa `AffectUnit` enkapsulira skup instanci klase `SynsetRecord` i skup svih reči koje im pripadaju, zajedno sa implementacijom algoritma za računanje težinskih koeficijenata (Odeljak 4.1.1).

Klasa `LexiconCreator` odgovorna je za kreiranje konačnog leksikona reči. Pritom je konačni spisak reči koje ulaze u leksikon enkapsuliran klasom `LexAffectWord`.

⁴⁰ <http://jwordnet.sourceforge.net/>



Slika 53. Dijagram klasa sistema SynesketchLex

6 Evaluacija

U ovom poglavlju detaljno je predstavljena evaluacija predloženog pristupa za prepoznavanje, semantičku anotaciju i evokativnu vizuelizaciju emocija izraženih u tekstu. Evaluacija sledi istraživačka pitanja formulisana u Odeljku 3.2. Istraživačka pitanja IP_{PA1-3} (Odeljak 3.2.1), koja se odnose na prepoznavanje i anotaciju emocija izraženih u tekstu, predmet su Odeljka 6.1, dok su istraživačka pitanja IP_{V1-4} (Odeljak 3.2.2), koja se odnose na vizuelizaciju i evokaciju (pobuđivanje) emocija, predmet Odeljka 6.2.

6.1 Evaluacija pristupa za prepoznavanje i anotaciju emocija

Odeljci 6.1.1, 6.1.2 i 6.1.3 predstavljaju studiju – respektivno, metodologiju, rezultate i diskusiju studije – koja ima za cilj da odgovori na istraživačka pitanja IP_{PA1} i IP_{PA2} . U kontekstu prvog pitanja, studija se bavi poređenjem performansi predloženog pristupa sa ljudskim performansama, dok se u kontekstu drugog pitanja studija bavi analizom uticaja leksikona emotikona i leksikona reči (ponaosob i zajedno) na performanse predloženog pristupa.

Nakon toga, u Odeljku 6.1.4, opisan je dodatni eksperiment kojim je adresirano istraživačko pitanje IP_{PA3} . U ovom eksperimentu poređen je predloženi pristup za prepoznavanje emocija izraženih u tekstu sa konkurentnim pristupima u oblasti.

6.1.1 Metodologija

Opis metodologije za evaluaciju pristupa koji se odnosi na prepoznavanje i anotaciju emocija izraženih u tekstu, u kontekstu istraživačkih pitanja IP_{PA1} i IP_{PA2} , podeljen je u više odeljaka. Prvi naredni odeljak posvećen je učesnicima u studiji, drugi se bavi dizajnom studije, a treći materijalima korišćenim u studiji. Četvrti odeljak posvećen je načinu analize prikupljenih podataka.

6.1.1.1 Učesnici

Učesnici u studiji bili su studenti Fakulteta organizacionih nauka Univerziteta u Beogradu koji su pohađali predmet Principi programiranja (treći semestar osnovnih studija). Uslovi za učešće u studiji bili su: (a) napredno poznavanje engleskog jezika (svi ispitanici tečno govore, čitaju, pišu i svakodnevno se služe engleskim jezikom); i (b) redovno korišćenje softvera za komunikaciju na Vebu, poput četa. Ukupno je 214 učesnika zadovoljilo ove uslove i završilo sve zadatke predviđene studijom.

6.1.1.2 Dizajn studije

U studiji je korišćen korpus koji sadrži 149 rečenica na engleskom jeziku. Za ove rečenice, emocionalni vektor (koji se odnosi na tipove i težine emocija) dodeljivali su učesnici studije i 4 računarska algoritma:

- (a) Synesketch algoritam za prepoznavanje emocija izraženih u tekstu, bez leksikona emotikona (algoritam se služio isključivo leksikonom reči);
- (b) Synesketch algoritam bez leksikona reči (algoritam je koristio samo leksikon emotikona);
- (c) Synesketch algoritam sa oba leksikona;
- (d) algoritam za generisanje nasumičnih (*random*) brojeva u opsegu između 0 i 1; pritom je korišćen najrasprostranjeniji algoritam ovog tipa, koji je zasnovan na linearnim kongruentnim generatorima (*linear congruent generators*) (Knuth, 1997).

Svaki učesnik u studiji dobio je da oceni 20 nasumičnih rečenica iz korpusa koji je određen za potrebe studije i koji je detaljno opisan u odeljku koji sledi (Odeljak 6.1.1.3). Učesnici su ocenjivali rečenice na 6 skala, po jednoj za svaki Ekmanov tip emocije. Svaka skala sadržala je vrednosti između 1 i 5 (1 se odnosi na nedostatak emocija, odnosno, na emociju nultog intenziteta, a 5 na emociju punog intenziteta). Svaku rečenicu ocenilo je u proseku 29 učesnika (najmanje ocenjivanu rečenicu ocenilo je 15 učesnika, dok je najocenjivanija rečenica imala 58 ocenjivača). Rezultati ocenjivanja dostupni su na Vebu⁴¹.

Na osnovu ljudskih ocena i rezultata koji su dobijeni algoritamski, definisano je ukupno 5 metrika koje se koriste u eksperimentu: jedna ljudska metrika, korišćena kao normativni standard (*gold standard*) i 4 računarski generisane metrike (3 metrike zasnovane na Synesketch algoritmu i 1 nasumična metrika).

6.1.1.3 Materijali

U eksperimentu je korišćen korpus koji sadrži 149 rečenica na engleskom jeziku. Prvi deo ovih rečenica nasumično je preuzet s portala Group Hug⁴², Veb-sajta koji objavljuje anonimne ispovesti u obliku mikropostova i kratkih tekstualnih članaka. Većina tekstova objavljenih na ovom sajtu poseduje očiglednu emocionalnu konotaciju. Veb-sajt Group Hug odabran je iz razloga što su rečenice na njemu

⁴¹ http://krcadinac.com/synesketch/research/recognition_evaluation_results.pdf

⁴² Veb-sajt Group Hug postojao je na Veb-adresi <http://grouphug.us/>, međutim sajt više nije aktivan. Uvid u to kako je izgledao sadržaj sajta može se steći na osnovu Veb-servisa Internet Archive Wayback Machine: <https://web.archive.org/web/20090209003726/http://grouphug.us/>

pisane i objavljene anonimno, što je doprinelo iskrenosti i izražajnosti, osobito u pogledu negativnih osećanja.

Drugi deo korpusa prikupljen je uz pomoć ankete. 15 osoba (od kojih je 6 ženskog a 9 muškog pola) dobilo je zadatak da napišu nekoliko rečenica za svaki Ekmanov tip emocije, kao i za neutralni tip; u pitanju su, dakle, rečenice koje učesnici u anketi smatraju nedvosmisleno povezanim sa određenim tipom emocije. Sem toga, učesnicima u anketi rečeno je da slobodno koriste razne oblike neformalnog jezika, isto kao što bi to činili u svojim privatnim konverzacijama na Vebu. Svi učesnici u ovoj anketi služe se naprednim engleskim jezikom i redovno koriste računare i Veb. Njihov uzrast varira između 24 i 55 godina. Važno je napomenuti i da učesnici u ovoj anketi nisu učestvovali u eksperimentu ocenjivanja rečenica iz korpusa; drugim rečima, učesnici u ovoj anketi nisu oni koji su opisani u Odeljku 6.1.1.1.

Svih 149 rečenica iz korpusa dostupno je na Vebu⁴³.

6.1.1.4 Analiza podataka

Normativni standard (*gold standard*) utemeljen je na prosečnim ocenama koje su davali učesnici studije, u skladu sa dizajnom eksperimenta opisanim u Odeljku 6.1.1.2.

Kako bi se odgovorilo na istraživačka pitanja IP_{PA1} i IP_{PA2}, vršene su tri vrste poređenja. Najpre je, za svaku rečenicu iz korpusa, vršeno poređenje između, s jedne strane, ljudskog normativnog standarda i, s druge strane, svakog od 4 računarski generisana izlaza. Pritom je vršeno izračunavanje PMCC koeficijenta (*Pearson Product Moment Correlation Coefficient*) i kosinusne sličnosti (*cosine similarity*) između normativnog standarda i svake od računarski generisanih metrika. PMCC i kosinusna sličnost su standardne mere korelacije za intervalne podatke (*interval data*), u koje spadaju i podaci dobijeni u ovoj studiji (Field, 2009).

Drugo, vršeno je poređenje tačnosti emocionalne valence (EV) i tačnosti dominantnog tipa emocije (DET). Koristeći ljudski normativni standard kao meru tačnosti, EV-tačnost definisana je kao procenat rečenica s tačno prepoznatom valencom. Slično tome, definisana je i DET-tačnost: kao procenat rečenica s tačno prepoznatim dominantnim tipom emocije.

Treće, za poređenje emocionalnih težina korišćene su apsolutne vrednosti razlike između ljudskih ocena i računarski generisanih ocena. Što je ova razlika manja, to su performanse algoritma u okviru izvršenih testova tretirane kao bolje.

⁴³ http://krcadinac.com/synesketch/research/synesketch_recognition_evaluation_sentences.pdf

Nakon što su prikupljeni odgovori učesnika, njihove ocene mapirane su na opseg $[0, 1]$ kako bi se obezbedila kompatibilnost sa vektorskim izlazom Synesketch algoritma. Mapiranje diskretnih vrednosti (ocena) na kontinualne emocionalne težine vršeno je na sledeći način:

- ocena 1 mapirana je na emocionalnu težinu čija vrednost iznosi 0.0;
- ocena 2 na 0.25;
- ocena 3 na 0.5;
- ocena 4 na 0.75;
- ocena 5 na 1.0.

Za potrebe formiranja ljudskog normativnog standarda (*gold standard*), izračunat je prosečni emocionalni vektor (sa po jednom emocionalnom težinom za svaki Ekmanov tip emocije) za svaki od 149 emocionalnih vektora. Tabela 5 predstavlja prosečne srednje vrednosti (prvi red) i prosečne standardne devijacije (drugi red) za učesnike koji su ocenjivali rečenice; podaci su uprosečeni po tipovima emocija – najpre za sve odgovore učesnika za svaku rečenicu ponaosob, pa onda za svih 149 rečenica.

Tabela 5. Deskriptivna statistika (prosečne srednje vrednosti i prosečne standardne devijacije) uprosečene po tipovima emocija – najpre za sve odgovore učesnika za svaku rečenicu ponaosob, pa onda za sve rečenice iz korpusa; uz to, prikazan je i broj onih rečenica koje imaju dominantan tip emocije

Metrika	Radost	Tuga	Bes	Strah	Gadenje	Iznenadenje
Prosečna vrednost	0.278	0.227	0.164	0.108	0.110	0.208
Standardna devijacija	0.108	0.156	0.141	0.131	0.108	0.16
Broj rečenica	45	40	18	12	13	21

U trećem redu tabele prikazan je broj rečenica u kojima je uočen dominantan tip emocije. Primera radi, ima 45 “radosnih” rečenica, 40 “tužnih”, a samo 12 rečenica u kojima je strah dominantan tip emocije. Kriterijum za izbor dominantnog tipa emocije bila je maksimalna vrednost vektora, nezavisno od toga koliko je blizu 0; otuda tabela ne sadrži neutralne rečenice.

Nakon što je normativni standard definisan, za svaku rečenicu iz korpusa izračunate su vrednosti PMCC-a i kosinusnih sličnosti između normativnog standarda i svake od 4 računarski generisane metrike (3 Synesketch-ove metrike i 1 nasumična).

Takođe su, za svaku rečenicu iz korpusa, izračunate apsolutne vrednosti razlika između ljudskog normativnog standarda i svake od 4 računarski generisane metrike. Iz ove procedure proistekle su 4 tabele sa 6 kolona (jedna za svaki tip emocije) i 149 redova (jedan za svaku rečenicu), u kojima svako polje sadrži apsolutnu razliku između date metrike i ljudskog normativnog standarda za datu rečenicu i za dati tip emocije.

Konačno, izračunate su EV-tačnosti i DET-tačnosti za sve 4 metrike.

6.1.2 Rezultati

U ovom odeljku predstavljani su rezultati studije. U kontekstu istraživačkog pitanja IP_{PA1}, rezultati su organizovani po kriterijumima za poređenje pomenutih metrika: Odeljak 6.1.2.1 bavi se merom PMCC, Odeljak 6.1.2.2 posvećen je tačnosti klasifikacije (EV-tačnosti i DET-tačnosti), dok se u Odeljku 6.2.2.3 govori o prosečnim razlikama između ljudskog standarda i računarski zasnovanih metrika. Odeljak 6.1.2.4 opisuje rezultate poređenja između Synesketch metrika, u kontekstu IP_{PA2}.

6.1.2.1 IP_{PA1}: Korelacija između ljudske i računarski generisanih metrika

Tabela 6 prikazuje PMCC (*Pearson Product-Moment Correlation coefficients*) kao meru korelacije između ljudske i računarski generisanih metrika za sve tipove emocija. Preciznije, tabela prikazuje podatke za nasumičnu metriku i 3 metrike zasnovane na Synesketch algoritmu, koje se razlikuju u leksikonu koji algoritam koristi:

- (a) *Synesketch-emotikoni* predstavlja metriku dobijenu algoritmom koji koristi isključivo leksikon emotikona;
- (b) *Synesketch-reči* predstavlja metriku dobijenu algoritmom koji koristi isključivo leksikon reči;
- (c) *Synesketch* predstavlja metriku dobijenu algoritmom koji koristi oba leksikona.

Više PMCC vrednosti ukazuju na veću bliskost date metrike u odnosu na ljudsku metriku.

Tabela 6 prikazuje rezultate koji idu u prilog zaključku da je Synesketch algoritam koji koristi oba leksikona – odnosno, Synesketch metrika (c) – u većini slučajeva nadmašio ostale metrike za sve tipove emocija (osim za iznenađenje).

Tabela 6. PMCC koeficijenti kao mera korelacije između ljudskih i računarski generisanih metrika za sve tipove emocija; masnim slovima istaknute su najviše vrednosti za datu emociju, dok su statistički značajne korelacije označene jednostrukim asteriskom (*) ($p < 0.05$, 2-tailed) ili dvostrukim (**) ($p < 0.001$, 2-tailed).

Metrika	Radost	Tuga	Bes	Strah	Gađenje	Iznenadenje
Nasumična metrika	0.169*	-0.052	0.059	-0.164*	-0.067	-0.016
Synesketch-emotikoni	0.519**	0.508**	0.565**	0.00	0.387**	0.888**
Synesketch-reči	0.756**	0.565**	0.488**	0.577**	0.696**	0.756**
Synesketch	0.889**	0.780**	0.727**	0.577**	0.756**	0.865**

Za emociju straha, čini se da emotikoni ne igraju nikakvu ulogu (PMCC vrednost za metriku Synesketch-emotikoni iznosi 0); procena emocija ostvarena je samo na osnovu reči. Za emociju iznenadenja, deluje kao da algoritam koji koristi samo leksikon emotikona radi bolje od algoritma koji koristi oba leksikona (PMCC vrednost za metriku Synesketch-emotikoni iznosi 0.888, dok vrednost istog koeficijenta za metriku Synesketch iznosi 0.865).

Tabela 7 prikazuje kosinusne sličnosti između ljudske metrike i svake od 4 računarski generisanih metrika. Viša kosinusna sličnost ukazuje na veću sličnost sa ljudskim normativnim standardom.

Tabela 7. Kosinusne sličnosti između ljudskih i računarski generisanih metrika za sve tipove emocija

Metrika	Radost	Tuga	Bes	Strah	Gađenje	Iznenadenje
Nasumična metrika	0.573	0.481	0.472	0.341	0.336	0.469
Synesketch-emotikoni	0.574	0.555	0.578	0.00	0.406	0.889
Synesketch-reči	0.834	0.69	0.58	0.664	0.745	0.797
Synesketch	0.926	0.851	0.779	0.664	0.796	0.888

Rezultati koje prikazuje Tabela 7 potvrđuju zaključke donesene na osnovu PMCC koeficijenata, osobito po pitanju emocija straha i iznenadenja.

6.1.2.2 IP_{PA1}: Tačnost klasifikacije

Tabela 8 prikazuje EV-tačnost i DET-tačnost za sve 4 računarski generisane metrike. Veća tačnost ukazuje na bolje performanse datog računarskog algoritma.

Tabela 8. EV-tačnost i DET-tačnost za svaku računarski generisanu metriku

Metrika	EV-tačnost	DET-tačnost
Nasumična metrika	0.543	0.154
Synesketch-emotikoni	0.255	0.322
Synesketch-reči	0.691	0.677
Synesketch	0.792	0.798

Ovi rezultati ukazuju na znatne razlike između 3 metrike zasnovane na Synesketch algoritmu. Koristeći ljudski normativni standard kao osnovu za meru tačnosti, rezultati pokazuju da je algoritam koji koristi isključivo leksikon emotikona (metrika Synesketch-emotikoni) prepoznao tačnu valencu za 38 od ukupno 149 rečenica (25.5%). Isti algoritam prepoznao je tačan dominantni tip emocije za 48 od ukupno 149 rečenica (32.2%).

Algoritam koji koristi isključivo reči znatno je nadmašio algoritam zasnovan samo na emotikonima: tačna valenca bila je prepoznata za 103 rečenice (69.1%) a tačan tip emocije za 101 rečenicu (67.7%).

Synesketch algoritam koji koristi oba leksikona ostvario je najbolje rezultate, prepoznajući tačnu valencu za 118 rečenica (79.2%) i tačan tip emocije za 119 rečenica (79.8%).

Iako je nasumična metrika u odnosu na ostale metrike, očekivano, ostvarila najlošije performanse u pogledu prepoznavanja dominantnog tipa emocije (15.4%), zanimljiva je okolnost da je, u pogledu prepoznavanja dominantnog tipa emocije, uspela da nadmaši Synesketch algoritam koji koristi samo emotikone (0.543 naspram 0.255). Pomenuti efekat može se objasniti činjenicom da znatna većina rečenica nije emocionalno neutralna, te da je otuda vrednost njihove valence ili -1 ili 1 , što se kao rezultat dobro poklapa sa nasumičnom metrikom.

6.1.2.3 IP_{PA1}: Prosečne razlike između ljudske i računarski generisanih metrika

Tabela 9 prikazuje deskriptivnu statistiku – prosečne vrednosti (m) i standardne devijacije (SD) – apsolutnih vrednosti razlika između ljudske i 4 računarski generisane metrike. Vrednosti su prikazane za svaki tip emocije.

Što je prosečna vrednost niža, to je manja udaljenost metrike od normativnog standarda – što dalje ukazuje na bolje performanse algoritma koji se odnosi na datu metriku.

Tabela 9. Deskriptivna statistika – prosečne vrednosti (m) i standardne devijacije (SD) – apsolutnih vrednosti razlika između ljudske i računarski generisanih metrika; statistika je data za svaki tip emocije i zasnovana je na rečenicama iz korpusa.

Metrika		Radost	Tuga	Bes	Strah	Gađenje	Iznenadenje
Nasumična metrika	m	0.428	0.465	0.437	0.477	0.464	0.444
	SD	0.284	0.288	0.279	0.280	0.284	0.293
Synesketch-emotikoni	m	0.199	0.182	0.129	0.108	0.1	0.095
	SD	0.343	0.277	0.228	0.201	0.22	0.146
Synesketch-reči	m	0.146	0.172	0.135	0.121	0.094	0.124
	SD	0.235	0.248	0.229	0.187	0.175	0.203
Synesketch	m	0.103	0.136	0.107	0.121	0.0888	0.102
	SD	0.167	0.19	0.177	0.187	0.162	0.156

Ukoliko se Tabela 9 posmatra po kolonama, vidi se da Synesketch algoritam koji koristi oba leksikona daje bolje rezultate od ostalih algoritama za sve emocionalne tipove, osim za strah i iznenadenje. Algoritam koji koristi samo reči – metrika Synesketch-reči – po performansama se nalazi između metrike Synesketch i metrike Synesketch-emotikoni. Uopšte uzev, čak i kada se podaci razvrstaju po tipovima emocija, sve tri Synesketch metrike dale su znatno bolje rezultate od nasumične metrike.

Kao konačni odgovor na istraživačko pitanje IP_{PA1} , može se zaključiti da su se performanse predloženog algoritma (Synesketch algoritma sa oba leksikona) pokazale značajno boljim, tj. bližim ljudskim procenama, u odnosu na nasumičnu metriku. Ovo važi kako za apsolutne vrednosti udaljenosti između emocionalnih težina, tako i za EV-tačnost i DET-tačnost.

6.1.2.4 IP_{PA2} : Poređenje između Synesketch metrika

Zarad davanja odgovora na istraživačko pitanje IP_{PA2} , testirano je da li su razlike između Synesketch metrika statistički značajne. U svrhu komparacije apsolutnih udaljenosti između metrika, korišćen je upareni t-test (*paired (dependent) t-test*). Upareni t-test odabran je zato što studija podrazumeva komparaciju prosečnih vrednosti različitih metrika izmerenih na istoj grupi rečenica (Field, 2009). Treba dodati da su podaci normalno raspodeljeni i da zadovoljavaju pretpostavke t-testa.

Tabela 10 predstavlja rezultate t-testa koji poredi apsolutne razlike između rezultata koji je dao Synesketech algoritam koji koristi isključivo leksikon reči (metrika Synesketech-reči) i rezultata koji je dao Synesketech-ov algoritam koji koristi isključivo leksikon emotikona (metrika Synesketech-emotikoni). Slično tome, Tabela 11 predstavlja rezultate t-testa koji poredi metriku Synesketech i metriku Synesketech-emotikoni. Statistički značajni efekti prikazani su masnim slovima i asteriskom (*).

Tabela 10. Rezultati uparenog t-testa za komparaciju između metrike Synesketech i metrike Synesketech-reči; statistički značajni efekti prikazani su masnim slovima i označeni asteriskom (*); M_S i M_{SR} odnose se na prosečne vrednosti metrike Synesketech i metrike Synesketech-reči, respektivno; za emociju straha nije bilo moguće izvršiti testiranje zbog nulnih vrednosti (koje same po sebi ukazuju na nepostojanje razlike između M_S i M_{SR} metrike za ovaj tip emocije).

	Radost	Tuga	Bes	Strah	Gađenje	Iznenadenje
M_S	0.103	0.136	0.107	0.121	0.089	0.102
M_{SR}	0.146	0.172	0.135	0.121	0.094	0.124
t	-2.813	-2.362	-2.155	/	-0.661	-2.017
DF	148	148	148	/	148	148
p	0.006*	0.019*	0.033*	/	0.51	0.046*

Tabela 11. Rezultati uparenog t-testa za komparaciju između metrike Synesketech i metrike Synesketech-emotikoni; statistički značajni efekti prikazani su masnim slovima i uz simbol asterisk (*); M_S i M_{SE} odnose se na prosečne vrednosti metrike Synesketech i metrike Synesketech-emotikoni, respektivno.

	Radost	Tuga	Bes	Strah	Gađenje	Iznenadenje
M_S	0.103	0.136	0.107	0.121	0.089	0.102
M_{SE}	0.199	0.182	0.129	0.108	0.1	0.095
t	-3.334	-1.942	-1.566	0.730	-0.576	0.771
DF	148	148	148	148	148	148
p	0.001*	0.054	0.12	0.466	0.565	0.442

U slučaju komparacije metrike Synesketech i metrike Synesketech-reči, značajna razlika ($p < 0.05$) uočena je za sledeće tipove emocija: radost, tuga, bes i iznenadenje. Budući da apsolutne razlike predstavljaju udaljenost od normativnog (*gold*) standarda, rezultati upućuju na zaljučak da metrika Synesketech (tj.

algoritam koji koristi oba leksikona) uspeva da nadmaši metriku Synesketch-reči (tj. algoritam koji koristi samo reči) za 4 navedena tipa emocije.

U slučaju poređenja metrike Synesketch sa metrikom Synesketch-emotikoni, značajna razlika ($p < 0.05$) primećena je samo za emociju radosti; za sve druge tipove emocija nije utvrđen statistički značajan efekat. Prema tome, Synesketch algoritam koji koristi oba leksikona samo u slučaju emocije radosti ima značajno bolje performanse od Synesketch algoritma koji koristi isključivo leksikon emotikona.

Stoga se, u kontekstu istraživačkog pitanja IP_{PA2} , može doneti zaključak da, u pogledu emocionalnih težina, i leksikon reči i leksikon emotikona značajno doprinose kvalitetu prepoznavanja pozitivnih emocija.

6.1.3 Diskusija

U skladu sa očekivanjima, algoritam za prepoznavanje i anotaciju emocija izraženih u tekstu koji je predstavljen u ovoj disertaciji pokazao je dobre performanse kada je reč o rečenicama poput “On je baš zabavan!” (“He's too much fun!”), “Nisam baš jedan od srećnijih.” (“I am not a happy one.”), “Prokletstvo.”, (“Damn.”) ili “Odjednom sam čula da policajac viče.” (“But all of a sudden I heard a cop yell.”). Problematičnima su se pokazale one rečenice bez vidljivih tragova emocija u leksičkom smislu, kao što su “Živite svoje snove!” (“Live your dreams!”); zatim rečenice sa kompleksnim ili višeznačnim emocionalnim značenjem, poput “Više mi nije stalo.” (“I just don't care anymore.”); ili pak rečenice u kojima je neformalni jezik bio previše neprepoznatljiv, poput “Dosta mi je više toga! oni su #!\$#%\$!#~!#!@~!” (“I am so full of it! they are #!\$#%\$!#~!#!@~!”).

Uopšte uzev, mogao bi se braniti stav da su EV-tačnost i DET-tačnost najbolji pokazatelji performansi algoritma – iz najmanje dva razloga. Pre svega, može se tvrditi da je i ljudima i mašinama teže da utvrde “tačnost” konkretnih emocionalnih težina (numeričkih faktora između 0 i 1), nego “tačnost” emocionalne valence (EV-tačnost) ili dominantnog tipa emocije (DET-tačnost). Na primer, jedna rečenica iz korpusa glasi: “Ali to je sve zabrinjavajuće.” (“But it is all worrying.”). Premda je većina ispitanika ovu rečenicu ocenila dominantnom emocijom straha, emocionalna težina za strah koju su učesnici studije pridružili ovoj rečenici varirala je između 0.25 i 1. Shodno tome, moglo bi se tvrditi da je afektivna interpretacija objektivnija u pogledu tipa emocije i valence, nego u pogledu numeričke težine.

Drugo, tip i valenca emocije potencijalno su korisnije od numeričkih težina za praktične aplikacije algoritma. U tom kontekstu osobito je koristan i važan nalaz po kome je u ~80% slučajeva Synesketch algoritam za prepoznavanje i anotaciju emocija izraženih u tekstu uspeo da odredi tačan tip emocije i tačnu emocionalnu

valencu. Otuda se može tvrditi da algoritam poseduje potencijal za primenu u praksi; to je potvrđeno raznim aplikacijama zasnovanim na Synesketch-u, koje su prezentovane u Odeljku 7.2.

Razlika između emocije straha i emocije iznenađenja u pogledu korisnosti emotikona takođe je vredna diskusije. Čini se da emotikoni uopšte ne pomažu da se detektuje emocija straha (kao što prikazuju Tabela 6 i Tabela 7). Razlozi za to mogu biti višestruki:

- (1) mali broj rečenica kod kojih je strah dominantna emocija (12 od 149);
- (2) mali broj emotikona koji su direktno vezani za emociju straha (13 od 128);
- (3) sama priroda komunikacije na Vebu, koja nije razvila neformalni jezik za izražavanje straha u onoj meri u kojoj ga je razvila za izražavanje, primera radi, radosti.

S druge strane, u slučaju emocije iznenađenja, izgleda kao da emotikoni igraju krucijalnu ulogu. Ima više emotikona i skraćenica za detekciju iznenađenja (23 od 128) nego za detekciju straha, ali se takođe čini da je priroda emocije iznenađenja takva da se lakše i bolje može izraziti emotikonima, u poređenju sa drugim tipovima emocija. U svakom slučaju, ovo može biti zanimljiva tema za neko buduće istraživanje.

Međutim, treba istaći određene faktore koji su mogli da dovedu u pitanje validnost istraživanja (*threats to validity*). Najpre, najmanje 50% korupsa za evaluaciju sastojao se od rečenica kojima je dominantan tip emocije relativno jednoznačan. Otuda se može desiti da je evaluacija izgubila deo moći generalizacije, ali s druge strane, dobijeni su rezultati koji su čistiji i jasniji za interpretaciju. Jedno od planiranih budućih istraživanja podrazumeva istraživanje algoritma uživo i dinamički na Vebu, sa različitim tekstovima koji se tu mogu zateći, sa ciljem da se algoritam unapred i učini robusnijim.

Sem toga, činjenica da neutralni tip emocije nije uzet u obzir kao zaseban tip možda je uticalo na utvrđivanje EV-tačnosti i DET-tačnosti; to je stoga što određene rečenice s niskim emocionalnim težinama nisu bila smatrane neutralnima.

Napokon, učesnici u studiji (kako oni koji su obezbedili polovinu korpusa, tako i oni koji su ocenjivali rečenice) dolaze iz populacije studenata, predavača, profesora i istraživača sa Univerziteta u Beogradu. Većem delu učesnika engleski nije maternji jezik. Međutim, učesnici su takođe i tipični korisnici servisa za komunikaciju na Vebu i dobro su upoznati sa žargonom takve komunikacije. Osim toga, predloženi pristup nije usmeren samo na govornike kojima je engleski jezik maternji, niti se bilo koji od njegovih elemenata oslanja na savršen engleski jezik; u tom smislu, čini se da poreklo ispitanika ne predstavlja pretnju validnosti studije.

U skladu sa navedenim argumentima, može se tvrditi da su ispitanici obezbedili kako kredibilan korpus, tako i ocene.

6.1.4 IP_{PA3}: Poređenje Synesketch algoritma s konkurentnim algoritmima

Kako bi se odgovorilo na istraživačko pitanje IP_{PA3}, organizovan je dodatni eksperiment posvećen komparaciji Synesketch algoritama za prepoznavanje emocija izraženih u tekstu sa najboljim konkurentnim algoritmima u oblasti koji su bili javno dostupni. U pitanju su: (1) sistem koji je predstavila Alm (2008; 2009), i (2) sistem autora Neviarouskaya et al. (2011). Poređenje je vršeno nad korpusom rečenica iz bajki, koji je kreirala Alm (2008)⁴⁴.

Sudeći po objavljenim istraživanjima, ova dva konkurentna sistema pokazala su se boljim od trećeg konkurentnog sistema, ConceptNet-a (Liu et al., 2003). Alm (2009) tvrdi da je ConceptNet pokazao lošije rezultate u odnosu na referentnu liniju (*baseline*).

Eksperiment je pratio evaluacionu metodologiju koju je postavila Alm (2008), a koju su sledili Neviarouskaya et al. (2011). S obzirom na preuzetu metodologiju u kojoj se ističe razlika između emocionalnosti i emocionalne neutralnosti, posebna pažnja bila je posvećena pomenutom razgraničenju. Naime, pošto Synesketch algoritam emocionalnu neutralnost ne prepoznaje kao poseban tip emocije, za potrebe eksperimenta bilo je nužno definisati prag za emocionalnu težinu dominantnog tipa emocije. Ukoliko bi se ovaj prag dostigao, rečenica bi se smatrala emocionalnom; ukoliko bi vrednost dominantne emocionalne težine ostala ispod praga, rečenica bi dobila oznaku neutralnosti. U svrhu ovog eksperimenta, u diskusiji sa kolegama istraživačima dogovoreno je da vrednost praga iznosi 0.2; dakle, sve rečenice kojima je maksimalna emocionalna težina bila niža od 0.2 označene su kao neutralne.

U skladu s pomenutom metodologijom (Alm, 2008; Neviarouskaya et al., 2011), korišćena su tri hijerarhijska nivoa afektivnih (emocionalnih) oznaka:

- (1) nivo 1 (ALL) uključivao je Ekmanove emocionalne tipove, uz dodatak neutralnog tipa;
- (2) nivo 2 (MID) koristi 3 kategorije: pozitivnu, negativnu i neutralnu;
- (3) nivo 3 (TOP) podrazumeva 2 kategorije: emocionalnu i neutralnu.

⁴⁴ Pomenut korpus rečenica dostupan je na sledećoj Veb-adresi:
<http://lrc.cornell.edu/swedish/dataset/affectdata/index.html>

Logika ovog mapiranja poklapa se sa logikom utvrđivanja valence, koja je deo pristupa predloženog u ovoj disertaciji: radost se mapira na pozitivnu emociju; tuga, strah, bes i gađenje mapiraju se na negativnu emociju; iznenađenje se mapira na neutralni tip.

Kao sastavni deo evaluacionog pristupa koji je primenjen u radovima Alm (2008) i Neviarouskaya et al. (2011), korišćen je podskup korpusa koji sadrži 1207 rečenica anotiranih u odnosu na emocionalno značenje. Radi se o takvim rečenicama za koje su učesnici u studiji Alm (2009) bili saglasni u pogledu emocionalnih oznaka; konkretno, sva 4 učesnika jednako su ocenila rečenice iz odabranog podskupa.

Kako bi se izbalansirao broj neutralnih rečenica u odnosu na emocionalne, u skladu sa evaluacionom metodologijom pomenutih autora, za svaki od tri hijerarhijska nivoa (ALL, MID i TOP) izvršena je nasumična ekstrakcija određenog broja neutralnih rečenica iz pomenutog korpusa autorke Alm (2008). Ekstrakcija je vršena tako što su nasumično birane rečenice koje su učesnici u studiji autorke Alm anotirali kao neemocionalne. Broj afektivnih oznaka na svakom hijerarhijskom nivou definisao je veličinu uzorka za neutralne rečenice, tj. broj neutralnih rečenica. Pritom je korišćena sledeća jednačina:

$$\left[\frac{|HA|}{|A_i| - 1} \right] \quad (4)$$

U pomenutoj jednačini, HA predstavlja skup afektivnih rečenica u čitavom korpusu, sa visokom saglasnošću u vezi sa emocionalnim značenjem; A_i predstavlja skup afektivnih oznaka na i -tom nivou hijerarhije (1 se odnosi na nivo ALL, 2 na nivo MID i 3 na nivo TOP). Cilj jednačine je da se postigne ravnoteža između broja neutralnih rečenica i broja ostalih emocionalnih rečenica. Primera radi, u slučaju nivoa 1 (ALL), neutralni tip je samo jedan od nekoliko tipova emocija; u slučaju, pak, nivoa 3 (TOP) postoje samo dva tipa, emocionalni i neutralni, te je stoga polovina korpusa trebalo da se sastoji od emocionalno neutralnih rečenica.

Tabela 12 prikazuje rezultate izvršene komparacije. Tačnost je data za tri nivoa emocionalne hijerarhije, koje je definisala Alm (2009), kao i za četiri metode klasifikacije emocija izraženih u tekstu:

- (1) *lextag* (u tabeli označen kao Alm1) autorke Alm, koji se svodi na pristup jednostavnog prepoznavanja ključnih reči (Alm, 2009);
- (2) *LOOHAsnowtag* (u tabeli označen kao Alm2) autorke Alm, koji je zasnovan na statističkoj metodi nadgledanog mašinskog učenja (Alm, 2009);
- (3) *Affect Analysis Model* (AAM) autora Neviarouskaya et al. (2011), koji primenjuje hibridni pristup zasnovan na formalnim pravilima;

- (4) *Synesketch* algoritam koji koristi i leksikon reči i leksikon emotikona (u tabeli označen kao Syn).

Tabela 12. Ukupan broj rečenica za svaki nivo hijerarhije (n), broj neutralnih rečenica (N_n), referentne linije $n-bl$ i $f-bl$, kao i tačnost u procentima za četiri metode klasifikacije (1-4), za rečenice prikupljene iz bajki u eksperimentu koji je uzimao u obzir rečenice sa visokom saglasnošću oko emocionalnog značenja; oznake su pojašnjene u daljem tekstu

i	n	N_n	$n-bl$	$f-bl$	Alm1	Alm2	AAM	Syn
ALL	1448	241	17	31	54-55	69-70	68.2-70.2	61.8
MID	1810	603	33	40	60	69-73	73.3-75.5	65.6
TOP	2414	1207	50	50	69	79	77.6-79.9	75.6

Što se tiče navedenih oznaka, i predstavlja nivo emocionalne hijerarhije (ALL, MID ili TOP), n predstavlja ukupan broj rečenica a N_n predstavlja broj neutralnih rečenica. Pritom su korišćene dve referentne linije (*baseline*), koje je definisala Alm (2008): $n-bl$ predstavlja prosečan udeo rečenica sa neutralnom oznakom među svim bajkama; $f-bl$ je prosečan udeo rečenica sa najfrekventnijim tipom emocija među svim bajkama. Za nivo 1 (ALL), najfrekventniji tip predstavljala je emocija radosti; za nivo 2 (MID), bio je to negativni tip emocije.

Dalje, Alm1 predstavlja tačnost u procentima, koju je pokazao sistem lextag (Alm, 2008). Alm2 predstavlja tačnost koju je pokazao sistem LOOHAsnowtag, odnosno, raspon prosečne tačnosti između 2 varijacije algoritma (Alm, 2008). AAM predstavlja tačnost koju je pokazao sistem AAM, odnosno, raspon tačnosti između 3 varijacije algoritma: (a) AAM, (b) AAM_LEX i (c) AAM_LEX_WI (Neviarouskaya et al., 2011). Syn je tačnost koju je pokazao Synesketch algoritam koji koristi oba leksikona (reči i emotikoni).

Za sva tri nivoa (ALL, MID i TOP), tačnost Synesketch algoritma za prepoznavanje i anotaciju emocija izraženih u tekstu pokazala se boljom od lextag-a (Alm, 2009), ali donekle lošijom od LOOHAsnowtag-a (Alm, 2009) i AAM-a (Neviarouskaya et al., 2011).

Ove rezultate treba uzeti s dozom rezerve, s obzirom da studije koje su poslužile kao uzor za ovaj eksperiment nisu obezbedile dovoljno podataka, te otuda nije bilo moguće utvrditi jesu li ove razlike statistički značajne.

Postoje i faktori koji mogu da dovedu u pitanje validnost ovog eksperimenta; ovi faktori uglavnom su posledica inherentne razlike posmatranih algoritama i pristupa. Pre svega, pristup odabiru neutralnih rečenica (uzimanje nasumičnog uzorka iz čitavog korpusa), koji nije mogao da bude zaobiđen, moguće je doveo u pitanje konzistentnost poređenja.

Drugo, možda je na rezultat uticala sama priroda neutralnog tipa emocije. Kao što je rečeno, morao je biti usaglašen i usvojen prag koji definiše neutralnost, jer Synesketch algoritam neutralnost ne tretira kao zaseban tip emocije.

Treće, korpus korišćen u eksperimentu (Alm, 2008) samo se delimično poklapa s Ekmanovom tipologijom; naime, pristup kombinuje emocije besa i gađenja u jedan tip emocije, tj. za ova dva tipa koristi samo jednu emocionalnu oznaku. U okviru pomenutog pristupa, dakle, ukupan broj tipova emocija (bez neutralnog) iznosi 5. S druge strane, Neviarouskaya et al. (2011) služe se tipologijom emocija sa 9 osnovnih tipova (koja, recimo, uključuje emociju zainteresovanosti). Otuda su, zarad konzistentnosti evaluacione metodologije, Neviarouskaya et al. sveli svojih 9 tipova na 5 tipova koje koristi Alm; primera radi, na jednu oznaku sveli su bes i gađenje, kao i radost i zainteresovanost. U eksperimentu o kome je reč u ovom odeljku, pak, samo su emocije besa i gađenja svedene na jednu oznaku – kako bi se 6 Ekmanovih tipova konzistentno svelo na 5 tipova koje koristi Alm. Postoji mogućnost da je pomenuto prilagođavanje uticalo na rezultate.

Izvestan broj grešaka bio je uslovljen vokabularom i stilom koji se koristi u bajkama. Može se argumentovati da je jezik bajke znatno drugačiji od savremenog jezika koji se koristi na Vebu (za početak, jezik bajki ne koristi emotikone niti žargonske skraćenice). Ovakve greške potencijalno bi se smanjile ukoliko bi se Synesketch leksikon reči proširio, ali nije sigurno da li bi ovaj proces potencijalno oslabio robusnost algoritma za potrebe prepoznavanja i anotacije emocija izraženih u tekstovima na Vebu.

Postojala je želja da se uporedi više konkurentnih sistema od onih gorenavedenih, međutim, velika većina korpusa, baza podataka i softvera korišćenih u objavljenim istraživanjima nisu bili javno dostupni. Čak i kada jesu bile dostupne, baze podataka pokazale su se nekompatibilnima u odnosu na naše podatke.

Neki korpusi ili programi bili su napravljeni za analizu sentimenata, ne za analizu složenijih emocija, odnosno prepoznavanje emocija izraženih u tekstu; drugi su, pak, generisani u drukčijim kontekstima, kao što je dubinsko izvlačenje ili pronalaženje stavova, mišljenja i mnjenja (*Opinion Mining*).

6.2 Evaluacija pristupa za vizuelizaciju emocija

Evaluacija predloženog pristupa koji se odnosi na vizuelizaciju i evokaciju emocija predstavljena je u narednim odeljcima, shodno istraživačkim pitanjima IP_V1–4 iz Odeljka 3.2.2. Studija koja je imala za cilj da odgovori na pomenuta istraživačka pitanja opisana je u Odeljcima 6.2.1, 6.2.2 i 6.2.3, koji se, respektivno, bave metodologijom studije, rezultatima i diskusijom.

Kao što je navedeno u Odeljku 3.2.2, za potrebe studije razmotreno je 4 pristupa vizuelizaciji i evokaciji emocija: (1) apstraktna generativna vizuelizacija Hoolooovoo (čiji se detaljan opis nalazi u Odeljku 4.2.2); (2) apstraktna generativna vizuelizacija Synemania (Odeljak 4.2.3); (3) automatski emocionalni avatari figurativnog tipa; i (4) standardni animirani emotikoni (poznati i pod nazivom *emodži*). Pristupi (1) i (2) definisani su u okviru ovog rada, dok se pristupi (3) i (4) preuzeti u svrhu poređenja. S obzirom na zastupljenost avatara i emotikona na Vebu, pristupi (3) i (4) mogu se smatrati vrstom referentne tačke ili repera (*baseline*).

Istraživačka pitanja IP_V1–4 formulisana su u odnosu na ova 4 pristupa. IP_V1 odnosi se na sposobnost korisnika da razgraniče tipove emocija koji su predstavljeni sistemom Synemania. IP_V2–4 zasnovana su na komparaciji pristupa (1–4) po kriterijumu percipiranog kvaliteta komunikacije emocija (IP_V2), percipiranog kvaliteta evokacije (pobuđivanja) emocija (IP_V3), kao i percipiranog opšteg korisničkog zadovoljstva pri interakciji sa vizuelizacijom (IP_V4).

6.2.1 Metodologija

Opis metodologije za pomenutu studiju dat je u narednih nekoliko odeljaka. Prvi odeljak posvećen je učesnicima u studiji, drugi proceduri studije a treći materijalima korišćenim u studiji. Četvrti odeljak opisuje zavisne i nezavisne promenljive u odnosu na koje je vršeno merenje. Peti odeljak posvećen je dizajnu eksperimenata i analizi podataka.

6.2.1.1 Učesnici

U istraživanju je učestvovalo pedeset sedam (57) participanata (31 žena i 26 muškaraca). Svi učesnici redovno koriste softver za računarski posredovanu komunikaciju (kao što je čet) i tečno govore, čitaju, pišu i služe se engleskim jezikom. Njih 39 (68.4%) pre ove studije nije imalo nikakvo iskustvo sa softverom za vizuelizaciju emocija. 35 ispitanika (61.4%) imalo je 30 godina ili manje.

6.2.1.2 Procedura

Studija se sastojala iz dva dela. U prvom delu, svakom učesniku je u nasumičnom (*random*) redosledu prikazano 7 animacija sistema Synemania (povezanih sa svojim odgovarajućim slikama). Ove animacije uključivale su 6 Ekmanovih emocionalnih tipova (Slika 32), uz jedan neutralni tip (Slika 40). Nakon gledanja svih animacija, učesnici su pozvani da povežu svaki od emocionalnih tipova sa animacijom koja bi ga najbolje predstavila.

U drugom delu studije, svakom učesniku prikazano je 4 video-klipa u trajanju između 3 i 4 minuta, po jedan za svaki tip vizuelizacije (emotikoni, avatari, Hoolooovo i Synemania). Video-klipovi prikazani su u nasumičnom redosledu. Po završetku gledanja svakog video-klipa ponaosob, učesnicima je dat upitnik koji prikazuje Tabela 14. Osim toga, učesnicima je upućena molba da naprave desetominutnu pauzu između gledanja drugog i trećeg video-klipa, jer je procenjeno da bi neprekidna pažnja učesnika izazvala napor koji bi mogao da utiče na rezultate studije.

Učesnicima je takođe zadato da rangiraju 4 tipa vizuelizacije od najgore do najbolje (rang 1 odgovora najboljoj; 4 najgoroj), u skladu s vlastitim korisničkim zadovoljstvom.

Svi učesnici potpisali su saglasnost da učestvuju u studiji. Učesnicima je rečeno šta su opšti ciljevi studije (poređenje različitih vizuala u kontekstu vizuelizacije emocija); međutim, nijednom učesniku nisu otkrivena istraživačka pitanja ni hipoteze, kako njihovo apriorno znanje ne bi moglo da utiče na odgovore.

6.2.1.3 Materijali

Za prvi deo studije, pripremljeno je 7 vizuelizacija sistema Synemania u formi generativnih aplikacija, po jedna za svaki tip emocije, kao i jedna neutralna. Generativne aplikacije dizajnirane su kao izvršne Java-datoteke; njihov jedini izlaz bile su animacije, na koje učesnici nisu mogli da utiču. Animacije su bile povezane sa svojom karakterističnom ilustracijom, frejmom iz animiranog klipa (poput onih koje prikazuje Slika 32). Slika 33 prikazuje frejmove (screenshots) generativnih animacija za sve Ekmanove tipove. Učesnicima su prikazane kako animacije (Slika 33), tako i njihove statičke ilustracije (Slika 32).

Drugi deo studije realizovan je uz pomoć 4 video-klipa, po jednim za svaki tip vizuelizacije: video-klip koji predstavlja emotikone⁴⁵ (3 minuta i 18 sekundi); video

⁴⁵ <https://vimeo.com/39344340>

sa avatarima⁴⁶ (3 minuta i 29 sekundi); video za vizuelizaciju Hooloo⁴⁷ (3 minuta i 29 sekundi); i video za vizuelizaciju Synemania⁴⁸ (3 minuta i 53 sekunde).

Važno je istaći da su vizuelizacije za avatare i sisteme Hooloo i Synemania sačinjene uz pomoć Synesketch sistema za prepoznavanje emocija izraženih u tekstu, dok se vizuelizacija emotikona svodi na snimak (*screen capture*) čet-konverzacije sa manuelno izabranim emotikonima. Pritom su emotikoni manuelno birani s namerom da odražavaju emocije u konverzaciji.

Za animirane emotikone, korišćeni su standardni animirani emotikoni kojima se služi softver Skype Instant Messaging⁴⁹. U slučaju avatara, korišćeni su animirani 2D junaci, čiji su izrazi lica dizajnirani tako da tačno predstavljaju Ekmanove izraze lica (Spindler, 2009). Dizajn avatara preuzet je iz aplikacije Grimace Project⁵⁰, koja prikazuje Ekmanove emocije izrazima lica u stilu stripova i crtanih filmova; u tom smislu, ovi izrazi lica podsećaju na avatare prezentovane u istraživanju autora Neviarouskaya et al. (2010). Grimace Project koristi skale za predstavljanje emocija. Maksimalna vrednost ovih skala je 1 a minimalna 0, što u potpunosti odgovara pristupu prepoznavanja emocija izraženih u tekstu koji je opisan u ovoj disertaciji.

Svaki video-klip predstavlja 3 čet-konverzacije vizuelizovane jednim od razmatranih tipova vizuelizacije (emotikoni, avatari, Hooloo ili Synemania). Prvi čet predstavlja konverzaciju između dva prijatelja, u kom raspoloženje prelazi iz usamljenosti u radost. Drugi čet predstavlja diskusiju o filmu u okviru grupe ljudi. U trećem, dvoje ljudi deli iskustva o tome kako su se proveli u restoranu. Tabela 13 prikazuje sadržaj ovih čet-konverzacija.

Svih 6 tipova emocija prisutno je u tekstualnim konverzacijama. U konsultacijama sa kolegama evaluirana je tačnost prepoznatih emocija, koje je prepoznao Synesketch algoritam za prepoznavanje i anotaciju; zatim su korigovana odstupanja od ljudske procene.

Svaki video-klip pratio je isti upitnik sa 11 tvrđenja, tj. pitanja. Upitnik je zasnovan na sedmostepenoj skali, nalik na Likertovu. Odgovori na skali variraju od “Slažem se u potpunosti” do “Uopšte se ne slažem”.

⁴⁶ <https://vimeo.com/39359649>

⁴⁷ <https://vimeo.com/39360341>

⁴⁸ <https://vimeo.com/39352246>

⁴⁹ <https://www.skype.com/en/>

⁵⁰ <http://www.grimace-project.net/>

Tabela 13. Čet-konverzacije korišćenje u studiji; engleski original zajedno s prevodom

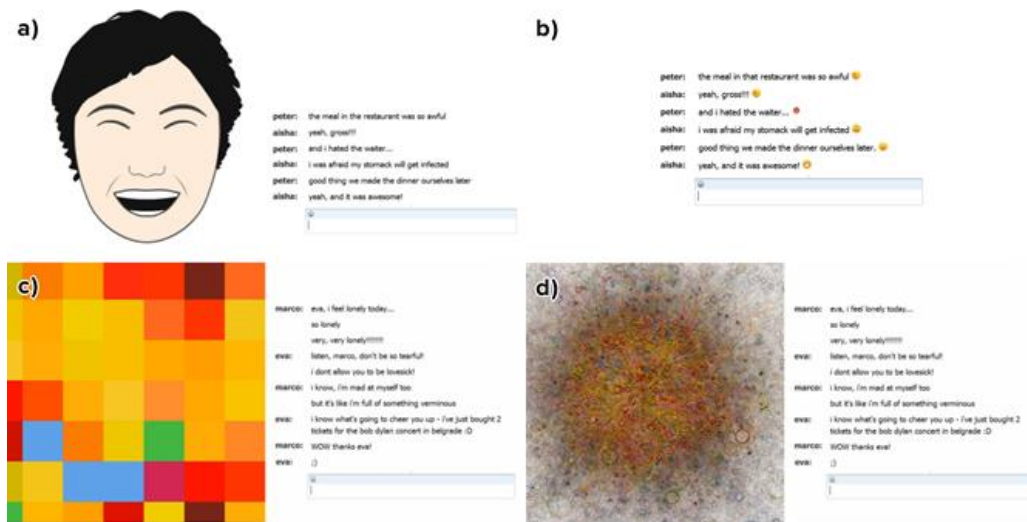
Chat 1: About Loneliness	Čet 1: Razgovor o usamljenosti
marco: eva, i feel lonely today... so lonely very, very lonely!!!!!!	eva, danas se osećam usamljen baš usamljen baš, baš usamljen!!!!!!
eva: listen, marco, dont be so tearful! i do not allow you to be lovesick!	hej, marco, nemoj biti uplakan! ne dam ti da budeš bolestan od ljubavi!
marco: i know, i'm mad at myself too... but, it's like i'm full of something verminous	znam, i ja sam ljut na sebe... ali, kao da sam pun nečeg otrovnog
eva: listen, i know what's going to cheer you up – i just bought two tickets for the bob dylan concert in belgrade :D	slušaj, znam šta će te razveseliti – upravo sam kupila dve karte za koncert boba dylana u beogradu :D
marco: WOW thanks eva!	WOW hvala eva!
eva: :)	:)
Chat 2: About a Film	Čet 2: Diskusija o filmu
hanna: the movie was strange... i was full of anxiety all the way to the end...	film je bio čudan... bila sam anksiozna skroz do kraja...
maya: yes, but its name will be written in golden letters in the history of cinematography!	jeste, ali njegovo ime biće upisano zlatnim slovima u istoriju kinematografije!
hanna: i was furious when i saw that actor! what a jerk.	razbesnela sam se kad sam videla tog glumca! koji glupan.
lee: the movie was just YUCKY	film je prosto bio FUJ
sergey: the director did put THOSE scenes?!?! man, the guy is so brave...	reditelj je stavio TE scene?!?! čoveče, tip je baš hrabar...
Chat 3: About a Restaurant	Čet 3: Razgovor o restoranu
peter: the meal in that restaurant was so awful.	baš je bio grozan obrok u tom restoranu
aisha: yeah, gross!!!	da, gadan!!!
peter: and i hated the waiter...	i mrzeo sam konobara...
aisha: i was afraid my stomach will get infected.	ja sam se plašila da će mi se inficirati želudac.
peter: good thing we made the dinner ourselves later.	sreća pa smo kasnije sami napravili večeru
aisha: yeah, and it was awesome!	jeste, i bila je fenomenalna!

Tabela 14 sadrži svih 11 tvrđenja, tj. pitanja, koja su grupisana u skladu sa evaluacionim kriterijumom kojem pripadaju.

Tabela 14. Upitnik korišćen u studiji

Kriterijum	Tvrđenja na engleskom originalu	Prevod tvrđenja	
Komunikacija emocija (Emotion Communication)	Q1	The visualization was successful at conveying/ communicating/ representing the emotions expressed in the text	Vizuelizacija je uspešno prenela, predstavila ili iskomunicirala emocije izražene u tekstu
	Q2	I understood the emotions that were visually presented	Razumeo/la sam emocije koje su bile predstavljene vizuelno
Evokacija emocija (Emotion Evocation)	Q3	The visualization was successful at affecting/stimulating/evoking my emotions	Vizuelizacija je uspešno evocirala, pobuđivala ili stimulisala moje emocije
	Q4	The visualization intensified/ amplified the emotions expressed in the text	Vizuelizacije je pojačala, tj. intenzivirala, emocije izražene u tekstu
	Q5	If I would be using this visualization for a chat conversation, it would inspire my textual input	Ukoliko bih ovu vizuelizaciju koristio za čet, ona bi inspirisala moje reči u četu
Opšte zadovoljstvo korisnika (Overall User Enjoyment)	Q6	The visualization gave an appropriate/ good ambient feel to my text	Vizuelizacija je mom tekstu dala dobar ili adekvatan ambijentalni efekat
	Q7	If I would be using this visualization for a chat conversation, I would be distracted by it	Ukoliko bih ovu vizuelizaciju koristio za čet, ona bi me ometala
	Q8	I am satisfied with the experience of using this visualization	Zadovoljan sam iskustvom korišćenja ove vizuelizacije
	Q9	The visualization was aesthetically pleasing	Ova vizuelizacija bila je estetski ugodna
	Q10	I would enjoy this visualization in my chat conversations	Ova vizuelizacija bi mi prijala u mojim čet-konverzacijama
	Q11	If I would be using this visualization for a chat conversation, I would enjoy the chat more	Ukoliko bih ovu vizuelizaciju koristio za čet, više bih uživao u četu

Slika 54 prikazuje video-frejmove (*screenshots*) čet-konverzacija za svaki tip vizuelizacije.



Slika 54. Video-frejmovi (screenshots) čet-konverzacija za svaki tip vizuelizacije: a) treća čet-konverzacija vizuelizovana uz pomoć avatara; b) treća čet-konverzacija vizuelizovana uz pomoć Skype-ovih emotikona (manuelno); c) prva čet-konverzacija vizuelizovana sistemom Hoolooovoo; d) prva čet-konverzacija vizuelizovana sistemom Synemania.

6.2.1.4 Promenljive

Nezavisnu promenljivu (*independent variable*) predstavlja tip vizuelizacije sa 4 moguće vrednosti: emotikoni, avatari, Hoolooovoo i Synemania.

U okviru istraživanja definisane su 3 zavisne promenljive:

- (1) Komunikacija emocija (*Emotion Communication*), EmoCom, je percipirana sposobnost nekog tipa vizuelizacije da komunicira (saopšti, prenese) emocije; EmoCom se računa kao prosečna vrednost odgovora na pitanja Q1 i Q2 (Tabela 14).
- (2) Evokacija emocija (*Emotion Evocation*), EmoEvo, je percipirana sposobnost nekog tipa vizuelizacije da evocira (pobudi) emocije; EmoEvo se računa kao prosečna vrednost odgovora na pitanja Q3, Q4 i Q5 iz (Tabela 14).
- (3) Opšte zadovoljstvo korisnika (*Overall User Enjoyment*), OverUserEnj, je percipiran kvalitet nekog tipa vizuelizacije vezan za faktore korisničkog iskustva: kvalitet odziva sistema (*responsiveness*), ometajuće efekte sistema (*distractive features*), njegove estetske kvalitete, generalno zadovoljstvo korisnika sistemom, kao i spremnost korisnika da vizuelizaciju koriste u komunikaciji i interakciji u realnom životu. OverUserEnj računa se kao prosečna vrednost odgovora na pitanja Q6–Q11 (Tabela 14). Za pitanje Q7 vrši se inverzija skale, jer najviša vrednost za tvrdjenje “Ukoliko bih ovu vizuelizaciju koristio za čet, ona bi me ometala” podrazumeva najnižu ocenu za tip vizuelizacije. Inverzija

skale vrši se tako što se odgovori korisnika oduzmu od 8. Pitanja su, kao što je rečeno, zasnovana na sedmostepenoj skali, te će se, primera radi, odgovor čija je vrednost 3 inverzijom pretvoriti u vrednost 5.

6.2.1.5 Dizajn eksperimenata i analiza podataka

Prvi deo studije, usmeren na istraživačko pitanje IP_v1, imao je za cilj da proceni sposobnost ispitanika da povežu vizuale sistema Synemania sa odgovarajućim tipovima emocija (6 Ekmanovih tipova, uz neutralni tip). Sakupljeni podaci analizirani su uz pomoć χ^2 testa (*Chi-Square test*).

Drugi deo studije, namenjen da odgovori na istraživačka pitanja IP_v2-4, dizajniran je kao eksperiment sa ponovljenim merenjima unutar grupe (*repeated measures within-subjects experiment*). Namena eksperimenta bila je da se proceni na koji način korisnici percipiraju kvalitete 4 tipa vizuelizacije: emotikoni, avatari, Hoolooovoo i Synemania. Pomenuti kvaliteti odnose se na sposobnost komunikacije emocija, sposobnost evokacije emocija i opšte zadovoljstvo korisnika, koji se mere uz pomoć promenljivih EmoCom, EmoEvo i OverUserEnj, respektivno. Podaci prikupljeni u ovom segmentu studije analizirani su uz pomoć standardne deskriptivne statistike (prosečna vrednost i standardna devijacija).

Takođe, u cilju procene efekta različitih tipova vizuelizacije na korisničku percepciju kvaliteta merenih promenljivama EmoCom, EmoEvo i OverUserEnj, primenjena je jednofaktorska analiza varijanse sa ponovljenim merenjima (*one-way repeated measures ANOVA test*). Da bi se ispunile pretpostavke koje zahteva navedeni test analize varijanse, nad vrednostima promenljivih EmoCom, EmoEvo i OverUserEnj, koje nisu bile normalno raspodeljene, izvršena je logaritamska transformacija.

Kako bi se utvrdilo da li je narušena pretpostavka sfernosti (*assumption of sphericity*), nad podacima su izvršeni Mauchlyjevi testovi sfernosti. Ukoliko bi pretpostavka sfernosti bila narušena, stepeni slobode (*degrees of freedom*) bili bi korigovani uz pomoć Huynh-Feldt korekcije ili Greenhouse-Geiser korekcije, u zavisnosti od procene sfernosti (Field, 2009). Ako bi procena sfernosti iznosila više od 0.75, bila je korišćena Huynh-Feldt korekcija; u protivnom, upotrebljena je Greenhouse-Geiser korekcija (Field, 2009).

Kao nivo značajnosti (*significance level*) ANOVA testa, odabrana je vrednost 0.001. Ukoliko bi se uočio značajan efekat (*significant effect*), bile su izvršene Posthoc analize uz pomoć uparenih t-testova za poređenje svih parova nezavisnih promenljivih. Kao metode korekcije, korišćeni su Sekvencijalni Bonferroni (Sequential Bonferroni) i FDR (False Discovery Rate), u skladu sa metodologijom koju su predstavili autori Cramer et al. (2014). Korekcije su vršene za sve parove koji su međusobno upoređivani, u cilju sprečavanja inflacije greške Tipa I (*Type I*

error rate), tzv. alfa inflacije (*alpha inflation*), koja se vezuje za slučajeve višestrukog testiranja (Cramer et al., 2014).

Kao deo procene odgovora na istraživačko pitanje IP_v4, uz pomenutu analizu varijanse, izračunata je i vrednost medijane za rang vizuelizacije (1–4), za svaki tip emocije.

Kompletna statistička obrada podataka izvršena je uz pomoć softverskog alata SPSS Statistics⁵¹.

6.2.2 Rezultati

Pregled rezultata studije organizovan je po istraživačkim pitanjima, od IP_v1 do IP_v4.

6.2.2.1 IP_v1: Asocijacija između tipova emocija i vizuala sistema Synemania

Tabela 15 sadrži frekvencije mapiranja između svih tipova emocija i svih vizuelizacija sistema Synemania. Na dijagonali se nalaze procenti koji se odnose na tačno povezane emocije i vizuelizacije. Prosečna tačnost u procentima za svih 7 tipova (6 Ekmanovih uz jedan neutralan) iznosi 60.6%. Neutralna vizuelizacija bila je jednostavnija da se uoči, jer je desaturizovana, svetlija i reda u pogledu gustine teksture. Izuzevši neutralni slučaj, prosečna tačnost za 6 preostalih tipova iznosi 57.3%.

Kao odgovor na IP_v1, može se zaključiti da je, za sistem Synemania, uočena relativno slaba sposobnost (u pogledu prosečne tačnosti) komunikacije onog tipa emocije koji je vizuelizacija dizajnirana da prikaže. Doduše, značajan udeo “pogrešnih” asocijacija nalazi se među sličnim tipovima emocija: primera radi, vizuali koji predstavljaju radost često su brkani s onima koji predstavljaju iznenađenje; vizuali za strah često su brkani s onima za tugu i gađenje; itd.

Uz pomoć χ^2 testa (*Chi-Square test*) utvrđena je značajna povezanost (*significant association*) između tipa emocije i vizuelizacije, $\chi^2(6) = 16.96$, $p < 0.01$. Međutim, kada se iz analize izostavi neutralna vizuelizacija, rezultati χ^2 testa ne pokazuju značajnu povezanost.

⁵¹ <http://www.ibm.com/analytics/us/en/technology/spss/>

Tabela 15. Frekvencije mapiranja vizuelizacija-emocija, za svaki tip emocije i za svaku vizuelizaciju sistema Synemania

Vizuelizacija	Emocija radosti	Emocija tuge	Emocija besa	Emocija straha	Emocija gađenja	Emocija iznenađenja	Neutralna emocija
Radost	30 (52.6%)	3	8	1	2	13	0
Tuga	4	35 (61.4%)	2	7	4	1	4
Bes	4	7	30 (52.6%)	8	4	3	1
Strah	5	6	4	30 (52.6%)	6	3	3
Gađenje	7	3	2	4	37 (64.9%)	2	2
Iznenađenost	5	1	8	5	3	34 (59.6%)	1
Neutralna	2	2	3	2	1	1	46 (80.7%)

6.2.2.2 IPv2: Komunikacija emocija

Fokus istraživačkog pitanja IPv2 bila je sposobnost komunikacije emocija, koja je merena uz pomoć promenljive EmoCom. Tabela 16 prikazuje deskriptivnu statistiku za ovu promenljivu.

Tabela 16. Deskriptivna statistika (prosečne vrednosti i standardne devijacije) za sve zavisne promenljive i sve tipove vizuelizacija

Promenljiva	Avatari	Emotikoni	Hoolooovo	Synemania	p-vrednost
EmoCom	5.33 (1.24)	5.36 (1.2)	3.64 (1.27)	5.7 (1.03)	< 0.001*
EmoEvo	3.8 (1.71)	4.05 (1.61)	4.25 (1.42)	5.96 (1.2)	< 0.001*
OverUserEnj	3.42 (1.2)	4.94 (0.9)	3.87 (1.44)	5.1 (1.11)	< 0.001*

Rezultati analize varijanse (ANOVA) za promenljivu EmoCom ukazuju na značajne razlike između vizuelizacija ($F(2.19, 122.63) = 35.95, p < 0.001$). Učesnici u studiji ocenili su Hoolooovo kao značajno ($p < 0.001$) manje sposobnu za komunikaciju emocija od ostalih vizuelizacija (Tabela 17). Između preostala 3 tipa vizuelizacija – Synemania, Avatari i Emotikoni – nisu pronađene značajne razlike.

Tabela 17. Razmatrani parovi tipova vizuelizacija u kontekstu promenljive EmoCom (koja odražava sposobnost komunikacije emocija); uz nivo značajnosti, prikazane su prilagođene alfa vrednosti

Promenljiva	p-vrednost	$\alpha_{adj}SB$	$\alpha_{adj}FDR$
EmoCom: Hoolooovoo vs. Synemania	< 0.001*	0.008	0.008
EmoCom: Hoolooovoo vs. Avatars	< 0.001*	0.01	0.017
EmoCom: Hoolooovoo vs. Emoticons	< 0.001*	0.012	0.025
EmoCom: Avatars vs. Synemania	0.093	0.017	0.033
EmoCom: Emoticons vs. Synemania	0.119	0.025	0.042
EmoCom: Avatars vs. Emoticons	0.820	0.05	0.05

U prethodnoj kao i u narednim tabelama (Tabela 17, Tabela 18 i Tabela 19), asterisk (*) ukazuje na usklađenost nivoa značajnosti (tj. p-vrednosti) sa korigovanim alfa vrednostima. Kolona $\alpha_{adj}SB$ prikazuje korigovane alfa vrednosti u skladu s metodom Sekvencijalni Bonferroni (Sequential Bonferroni). Kolona $\alpha_{adj}FDR$ prikazuje korigovane alfa vrednosti u skladu s metodom FDR (False Discovery Rate). Redovi u tabeli sortirani su po p-vrednosti, kao što zahtevaju ove dve metode za korekciju (Cramer et al., 2014).

U pogledu percipirane sposobnosti za komunikaciju emocija, može se zaključiti da je sistem za vizuelizaciju Synemania (koji se služi apstraktnim animacijama u sadejstvu sa složenim animiranim promenama boja i oblika) jednako dobar kao emocionalni avatari ili manuelno odabrani animirani emotikoni. S druge strane, sistem Hoolooovoo (koji je fokusiran na boje i u grafičkom smislu se služi jednostavnom kvadratnom rešetkom) percipiran je kao značajno lošiji nego Synemania, avatari i emotikoni.

6.2.2.3 IP_{v3}: Evokacija emocija

Fokus istraživačkog pitanja IP_{v3} bila je evokacija (pobuđivanje) emocija. Sposobnost vizuelizacije da evocira emocije predstavljena je promenljivom EmoEvo. Tabela 18 prikazuje deskriptivnu statistiku za ovu promenljivu.

Jednofaktorska analiza varijanse s ponovljenim merenjima (*one-way repeated measures ANOVA*), čija je zavisna promenljiva bila EmoEvo, pokazala je značajnu razliku između tipova vizuelizacije u pogledu percipirane sposobnosti vizuelizacije da evocira emocije, $F(2.06, 115.23) = 16.59$, $p < 0.001$. Naknadni post-hoc testovi ukazali su na to da su vizuelizacije sistema Synemania percipirane kao značajno bolje ($p < 0.001$) u pogledu sposobnosti evokacije emocija nego svi ostali tipovi vizuelizacija: emotikoni, avatari i Hoolooovoo (Tabela 18). Testovi nisu pokazali nijednu drugu značajnu razliku između vizuelizacija.

Tabela 18. Razmatrani parovi tipova vizuelizacija u kontekstu promenljive EmoEvo (koja odražava sposobnost evokacije emocija); uz niveoe značajnosti, prikazane su prilagođene alfa vrednosti

Promenljiva	p-vrednost	$\alpha_{adj}SB$	$\alpha_{adj}FDR$
EmoEvo: Synmania vs. Hoolooovoo	< 0.001*	0.008	0.008
EmoEvo: Synmania vs. Avatars	< 0.001*	0.01	0.017
EmoEvo: Synmania vs. Emoticons	< 0.001*	0.012	0.025
EmoEvo: Avatars vs. Hoolooovoo	0.097	0.017	0.033
EmoEvo: Avatars vs. Emoticons	0.209	0.025	0.042
EmoEvo: Emoticons vs. Hoolooovoo	0.361	0.05	0.05

Kao odgovor na IP_{v3}, može se zaključiti da je Synmania, predloženi sistem za vizuelizaciju zasnovan na boji, obliku i pokretu, bolja od svih drugih razmatranih vizuelizacija u pogledu evociranja (pobuđivanja) emocija u korisnicima. Sem toga, testovi su pokazali da je Hoolooovoo (jednostavna animirana matrica obojenih kvadrata) jednako dobar po istom kriterijumu kao emotikoni i avatari.

6.2.2.4 IP_{v4}: Opšte zadovoljstvo korisnika

Tabela 19 prikazuje deskriptivnu statistiku za promenljivu OverUserEnj, kojom jer mereno opšte zadovoljstvo korisnika. Rezultati analize varijanse (testa ANOVA) pokazuju da je postojao značajan efekat tipa vizuelizacije na promenljivu OverUserEnj, $F(2.3, 128.61) = 29.83$, $p < 0.001$. Po rezultatima Posthoc testova (Tabela 19), učesnici u studiji bi su značajno ($p < 0.001$) manje zadovoljni avatarima nego emotikonima i sistemom Synmania. Isti nalazi utvrđeni su za sistem Hoolooovoo, koji je percipiran kao značajno ($p < 0.001$) manje dopadljiv od emotikona i sistema Synmania. Synmania se, pak, po ovom kriterijumu, nije pokazala boljom od emotikona.

Tabela 19. Razmatrani parovi tipova vizuelizacija u kontekstu promenljive OverUserEnj (koja odražava opšte zadovoljstvo korisnika); takođe su prikazane i prilagođene alfa vrednosti

Promenljiva	p-vrednost	$\alpha_{adj}SB$	$\alpha_{adj}FDR$
OverUserEnj: Synmania vs. Hoolooovoo	< 0.001*	0.008	0.008
OverUserEnj: Emoticons vs. Hoolooovoo	< 0.001*	0.01	0.017
OverUserEnj: Avatars vs. Synmania	< 0.001*	0.012	0.025
OverUserEnj: Avatars vs. Emoticons	< 0.001*	0.017	0.033
OverUserEnj: Avatars vs. Hoolooovoo	0.130	0.025	0.042
OverUserEnj: Emoticons vs. Synmania	0.302	0.05	0.05

U pogledu rangiranja tipa vizuelizacije po kriterijumu opšte impresije ispitanika, sistem Synmania pokazao se znatno boljim nego ostale tri vizuelizacije. Tabela 20 prikazuje medijane korisničkih ocena (rangova); medijana ocena sistema Synmania

je 1, medijalne ocene emotikona i sistema Hooloofoo iznose 2, dok su avatari ocenjeni najlošijom medijalnom ocenom: 4.

Tabela 20. Rangiranje vizuelizacija po kriterijumu opšte impresije ispitanika, u skladu sa sistemom rangiranja od 1 (najbolja vizuelizacija) do 4 (najgora)

Vizuelizacija	Medijana vrednosti ocena (ranga)
Synemania	1
Hooloofoo	2
Emotikoni	2
Avatari	4

Na osnovu iznesenih rezultata, može se zaključiti da je, po kriterijumu opšteg zadovoljstva korisnika (IP_{v4}), sistem Synemania (koji kombinuje bolje, oblike i pokrete u formi apstraktne animacije) bolji od avatara i drugog sistema predstavljenog u ovoj disertaciji, sistema Hooloofoo.

Analiza varijanse nije pokazala statistički značajno bolje rezultate sistema Synemania u odnosu na emotikone. Međutim, kada su učesnici bili pozvani da vizuelizacije eksplicitno rangiraju od najbolje do najlošije, sistem Synemania dobio je bolju ocenu od emotikona; stoga se može zaključiti da je sistem Synemania ili jednako dobar ili bolji od emotikona. S druge strane, avatari su se pokazali kao značajno manje dopadljivi nego Synemania i emotikoni.

6.2.3 Diskusija

U kontekstu istraživanja ove disertacije, osobito je zanimljiva razlika između rezultata za IP_{v1} i IP_{v2}. Iako rezultati za IP_{v1} upućuju na slabu sposobnost korisnika da identifikuju tipove emocija koje je sistem Synemania dizajniran da oslika, rezultati vezani za percipiranu sposobnost istog sistema da komunicira emocije (IP_{v2}) pokazuje da korisnici percipiraju vizuelizacije sistema Synemania kao jednako dobre u odnosu na emotikone i avatare (zapravo, nešto bolje, ali se ta razlika nije pokazala statistički značajnom).

Treba imati na umu razlike između dva dela studije: u prvom delu (IP_{v1}) ispitanici su klasifikovali vizuelizacije sistema Synemania samo po tipu emocije; u drugom delu (IP_{v2}), pak, od njih se očekivalo da procene opštu komunikacionu sposobnost sistema – koja uključuje i druge faktore, kao što je intenzitet emocija i estetska snaga sinergije teksta i vizuala.

Međutim, bez obzira na ove dodatne faktore, razlika između IP_{v1} i IP_{v2} može da ukaže na to da je subjektivno mišljenje učesnika (korisnika) o kvalitetu komunikacije emocija znatno drukčije u odnosu na objektivnu tačnost mapiranja emocija na vizuale (koja se merila stepenom do kojeg su učesnici razumeli

konkretan tip emocije koju je sistem Synemania bio dizajniran da reprezentuje). Shodno tome, može se doneti zaključak da umetničke (suptilne, interpretativne, metaforičke) vizuelizacije, na nivou individualnih i subjektivnih impresija korisnika, ne smanjuju kvalitet percipirane sposobnosti vizuelizacije da se emocije iskomuniciraju.

Osim toga, rezultati za IPv1 sugerišu da sistem Synemania u izvesnoj meri bolje komunicira emocionalnu valencu (polaritet emocije: da li je emocija pozitivna, negativna ili neutralna) nego tip emocije. Ovaj zaključak potiče od činjenice da su učesnici bili skloni da brkaju slične tipove emocija: radost i iznenađenje, primera radi, ili pak tugu, strah i gađenje (Tabela 15). Otuda bi potencijalno bilo zanimljivo kombinovati pristup prikazan u ovom radu sa pristupom koji koristi standardne grafikone i dijagrame u oblasti analize sentimenata, poput vizuelizacija koje predlaže Liu (2007).

Zanimljiv je i nalaz da su emotikoni dobili bolje ocene od avatara u pogledu opšteg zadovoljstva korisnika; to ukazuje na činjenicu da korisnici preferiraju ručno odabrane emotikone u odnosu na automatske emocionalne avatare. Ovaj uvid potvrđuje rezultate istraživanja autora Neviarouskaya et al. (2010), koji ne pružaju nijednu potvrdu da avatarski sistemi sa automatski prepoznatim i odabranim emocijama obezbeđuju bolje iskustvo korišćenja od sličnog sistema sa manuelno odabranim emocijama.

Na Vebu su emotikoni široko rasprostranjeni, dok su automatski emocionalni avatari još uvek u fazi istraživanja; stoga su korisnici bolje upoznati s emotikonima, što je, moguće, izvor pristrasnosti. Xie et al. (2015) tvrde da je generisanje avatara sa izrazom istinske životnosti i dalje težak i izazovan zadatak, uprkos decenijama istraživanja. Uz to, autori upućuju na moguće pravce istraživanja kako bi se postigao ekspresivniji dizajn avatara.

U kontekstu istraživanja u ovoj disertaciji, treba imati u vidu da je konkretan dizajn avatara korišćenih u studiji mogao da utiče na rezultate. Trenutno ne postoji standardni dizajn avatara. Primera radi, u ovoj studiji upotrebljen je 2D dizajn (Spindler, 2009) umesto 3D dizajna ili video-realističkog pristupa, kakve zagovaraju istraživači poput Calix et al. (2010), Olveres et al. (2008) i Xie et al. (2015). Sem toga, Weerasinghe et al. (2015) iznose argumente u prilog tezi da dizajn avatara ne treba da se usmeri isključivo ka izrazima lica, već i ka demografskim odlikama i pokretima tela.

Pored svega navedenog, postoji i mogućna kulturalna pristrasnost, jer se avatari znatno više koriste u istočnim nego u zapadnim kulturama. Dalja istraživanja su potrebna u cilju boljeg razumevanja na koji način konkretan dizajn avatara može da utiče na studije poput ove.

Vizuelizacije sistema Synemania pokazale su se kao bolje i od avatara, i od emotikona u pogledu sposobnosti vizuelizacije da evocira (pobudi) emocije (IP_{v3}). U pogledu sposobnosti da komunicira emocije (IP_{v2}), vizuelizacije sistema Synemania pokazale su se kao jednako dobre u poređenju sa emotikonima i avatarima. Još značajnije, Synemania je nadmašila avatare u pogledu opšteg zadovoljstva korisnika (IP_{v4}). Takođe, uprkos upoznatosti korisnika sa emotikonima i njihovoj širokoj rasprostranjenosti, po istom kriterijumu Synemania se pokazala kao jednako dobra ili bolja od emotikona (IP_{v4}).

Ovi rezultati idu u prilog argumentu iznesenom u ovoj disertaciji, koji zagovara prednosti evokativne vizuelizacije u kontekstu interakcije čoveka i računara, i potvrđuje teze drugih autora da ne treba potceniti umetničke odlike vizuelizacije (Lau & Moere, 2007; Moere, 2007; Kosara, 2007; Bartram & Nakatani, 2010; Lockyer et al., 2011; Omata et al., 2012). Uz to, rezultati govore u prilog tezi da svojstva sistema za vizuelizaciju koja su u vezi sa imaginacijom korisnika potencijalno nisu u koliziji s dobrom praksom u oblasti interakcije čoveka i računara, kao što tvrde autori poput Sacka (2011) i Manovicha (2002). Najzad, rezultati sugerišu da realistični avatari ne bi trebalo da budu isključiv istraživački cilj u oblasti računarski posredovane vizuelne komunikacije i evokacije.

Predstavljeni rezultati studije takođe naglašavaju važnost konkretnog vizuelnog dizajna, koji je predložen u ovoj disertaciji. Bogata animirana tekstura sistema Synemania učinila ju je konkurentnom u odnosu na emotikone i avatare. S druge strane, sistem Hoolooovo, jednostavna obojena matrica, nije bio ni približno toliko uspešan. Autori poput Bartram i Nakatani (2010) i Feng et al. (2014) ističu da su, umesto boja, upravo faktori koji se odnose na pokret (brzina, pravac i zaobljenost putanje) presudni za emocionalni doživljaj i dublje korisničko iskustvo. Omata et al. (2012) pokazuju kako različite boje, brzine, pokreti i oblici mogu da pobude ili smire gledaoce.

U ovom trenutku, međutim, teško je upoređivati ove sisteme empirijski, jer se svaki od njih služi drukčijim modelima emocija, drukčijim vizuelnim dizajnom i drukčijom metodologijom. U kontekstu vizuelne kulture nemoguće je u potpunosti odstraniti kulturalne i subjektivne pristrasnosti, ali rezultati predstavljene studije ipak upućuju na zaključak da bi istraživanja u budućnosti mogla da utvrde stabilne i uporedive elemente evokativnog vizuelnog jezika.

7 Zaključak

U ovoj disertaciji predstavljen je pristup za prepoznavanje, anotaciju i vizuelizaciju emocija izraženih u tekstu, koji podrazumeva dinamičko povezivanje tekstualnih i vizuelnih podataka uz pomoć semantičkih anotacija. Pristup je razvijen u kontekstu računarski posredovane interakcije i komunikacije.

Kao zaključak, u prvom odeljku ovog poglavlja govori se o ostvarenim doprinosima. U cilju ilustracije šireg društvenog doprinosa ovog rada, drugi odeljak posvećen je primerima korišćenja softvera predstavljenog u radu, dok se u trećem odeljku diskutuje o mogućim daljim pravcima istraživanja.

7.1 Ostvareni doprinos

Celovit pristup afektivnom računarstvu, koji obuhvata prepoznavanje, anotaciju, komunikaciju i evokaciju emocija, a u kontekstu interakcije čoveka i računara, može se smatrati opštim doprinosom ove disertacije.

Naučno-istraživački doprinos obuhvata:

- (a) doprinos u oblasti prepoznavanja i anotacije emocija izraženih u tekstu; odnosi se na rezultate ostvarene u kontekstu istraživačkih pitanja IP_{PA1-3} ;
- (b) doprinos u oblasti vizuelizacije emocija, koji je realizovan kroz istraživanja i ostvarene rezultate domenu istraživačkih pitanja IP_{V1-4} .

U kontekstu doprinosa (a), predstavljen je hibridni pristup za prepoznavanje i anotaciju emocija izraženih u tekstu. Kao ulaz, predstavljeni algoritam prima jednu rečenicu (ili jedan tvit, ili segment četa) i potom je klasifikuje u odnosu na šest Ekmanovih emocionalnih tipova: radost, tugu, strah, bes, gađenje i iznenađenje (Ekman, 1993). Algoritam koristi leksikon reči, utemeljen na WordNet-u, zatim leksikon emotikona, skraćenica i kolokvijalizama, kao i skup heurističkih pravila. Kao izlaz, algoritam generiše emocionalni vektor, koji se koristi za određenje dominantnog emocionalnog tipa i emocionalne valence rečenice (valenca se odnosi na to da li je emocija pozitivna, negativna ili neutralna). Vektor se zatim koristi kao osnov za semantičku anotaciju teksta, uz pomoć koje se vrši dinamičko mapiranje teksta na pokretnu sliku, tj. mapiranje tekst-emocija-slika. Pomenuti pristup implementiran je putem softverskog sistema Synesketch (verzija 2.0).

Evaluaciona studija predloženog hibridnog pristupa za prepoznavanje i anotaciju tekstualnih emocija dala je rezultate u skladu sa očekivanjima. U kontekstu IP_{PA1} , performanse predloženog algoritma (Synesketch algoritma koji koristi i leksikon reči i leksikon emotikona) pokazale su se značajno boljim, tj. bližim ljudskim procenama, u odnosu na performanse računarskog algoritma koji je generisao

nasumičnu metriku. Ovaj rezultat može se interpretirati kao pozitivni indikator bliskosti između rezultata Synesketch algoritma i rezultata koje su dali ljudi, a koji je korišćen kao normativni standard (*gold standard*). IP_{PA1} je detaljno razmotreno u Odeljku 6.1.2.

U kontekstu IP_{PA2}, potvrđen je značaj i leksikona reči i leksikona emotikona (u koji spadaju i skraćenice i kolokvijalizmi) za potrebe prepoznavanja emocija izraženih u tekstu. Dok su reči od samog početka igrale važnu ulogu u istraživanjima u oblasti računarskog prepoznavanja emocija izraženih u tekstu, emotikoni i neformalni jezik koristio se sporadično i to uglavnom u kontekstu analize sentimenata (Odeljak 2.1). Ovaj rezultat ukazuje na zaključak da buduća istraživanja u oblasti komunikacije na Vebu ne bi trebalo da zanemare značaj emotikona, neformalnih skraćenica, kolokvijalizama, vulgarizama i uopšte, novih, spontano nastalih tipografskih simbola. Rezultati ostvareni u kontekstu IP_{PA2} detaljno su obrazloženi u Odeljku 6.1.2.4.

Što se tiče IP_{PA3}, može se tvrditi da su performanse Synesketch algoritma donekle u rangu performansi referentnih sistema u oblasti – konkretno, (1) sistema koji je predstavila Alm (2008; 2009), i (2) sistema autora Neviarouskaya et al. (2011). Preciznije, performanse Synesketch algoritma pokazale su se donekle lošijim od najboljih verzija konkurentskih algoritama, ali zbog nedostatka podataka o studijama koje su poslužile kao osnov za eksperiment, nije bilo moguće utvrditi jesu li razlike između pristupa statistički značajne. Osim toga, rezultate ovog eksperimenta treba uzeti sa izvesnom rezervom i zbog razlika u pristupu, korpusu i metodologijama. Uopšte uzev, primetan je problem nedostatka podataka i metodologije za komparativne studije u oblasti prepoznavanja emocija izraženih u tekstu. O ovoj temi detaljnije se govori u Odeljku 6.1.4.

Važno je istaći da su doprinosi ostvareni u kontekstu istraživačkih pitanja IP_{PA1–3} objavljeni 2013. godine u sledećem radu:

Krcadinac, U., Pasquier, P., Jovanovic, J., & Devedzic, V. (2013).
Synesketch: An open source library for sentence-based emotion recognition.
IEEE Transactions on Affective Computing, 4(3), 312-325,
DOI: 10.1109/T-AFFC.2013.18

U kontekstu doprinosa (b), predstavljen je pristup za evokativnu vizuelizaciju emocija prepoznatih u tekstu, koji se temelji na apstraktnoj animiranoj generativnoj grafici. Kreirane su dve konkretne vizuelizacije: Hoolooovoo, čiji je primarni fokus na paleti boja; i Synemania, koja koristi bogatiji repertoar vizuelnog jezika u pokretu (uz boju, važni su i oblik, pokret, ritam, tempo, itd). Dizajn obe vizualizacije bio je vođen težnjom da vizuali budu u stanju da komuniciraju emocije, evociraju (pobuđuju) emocije i izazovu zadovoljavajući opšti doživljaj

korisnika; ova tri kriterijuma bila su korišćena i u studiji kojom je evaluiran pristup vizuelizaciji. Dinamičko povezivanje emocija prepoznatih u tekstu i opisanih vizuelizacija omogućeno je posredstvom semantičkih tehnologija. I Synemania i Hoolooovoo deo su softverskog sistema Synesketch (verzija 2.0).

Za razliku od brojnih pristupa u oblasti koji nisu empirijski validirani, oba predložena pristupa (Synemania i Hoolooovoo) validirana su putem empirijske studije. Konkretno, vršeno je poređenje sistema Synemania i Hoolooovoo sa drugim široko rasprostranjenim tipovima vizuelizacija emocija na Vebu: animiranim emotikonima i automatskim emocionalnim avatarima.

U kontekstu istraživačkog pitanja IP_{v1}, rezultati studije ukazali su na relativno nisku sposobnost sistema Synemania da komunicira one tipove emocija koje je vizuelizacija dizajnirana da prikaže (Odeljak 6.2.2.1). Pomenuti zaključak naizgled protivureči rezultatima studije u kontekstu IP_{v2}; naime, u pogledu percipirane sposobnosti vizuelizacionog sistema Synemania da komunicira emocije – dakle, kada se gleda kako korisnici *percipiraju* komunikacione sposobnosti ovog tipa vizuelizacije – rezultati su pokazali da je sistem Synemania jednako dobar kao emocionalni avatari ili manuelno odabrani animirani emotikoni. Sistem Hoolooovoo, pak, pokazao se najlošijim od sva 4 tipa vizuelizacije. Više detalja o IP_{v2} prikazano je u Odeljku 6.2.2.26.2.3, dok Odeljak 6.2.3, između ostalog, sadrži i diskusiju o razlici između IP_{v1} i IP_{v2}.

Što se tiče IP_{v3} (Odeljak 6.2.2.3), sistem Synemania nadmašio je sve ostale tipove vizuelizacija (Hoolooovoo, emotikone i avatare) po pitanju percipirane sposobnosti evokacije (pobuđivanja, izazivanja) emocija u korisnicima (na statistički značajnom nivou, $p < 0.001$). Ovakav rezultat potvrđuje polaznu tezu da je, prilikom kreiranja afektivnog računarskog sistema koji treba da bude u stanju da izazove emocije, potrebno razmotriti i nefigurativne, umetničke i metaforičke oblike vizuelne komunikacije.

U kontekstu IP_{v4} (Odeljak 6.2.2.4), tj. opšteg korisničkog iskustva, sistem Synemania pokazao se kao ili jednako dobar ili bolji od emotikona. Pritom su i Synemania i emotikoni nadmašili avatare i Hoolooovoo. Ovaj rezultat potvrđuje argument o potencijalu apstraktne grafike nasuprot rasprostranjenoj avatarskoj kulturi u oblasti afektivnog računarstva.

Doprinosi ostvareni u kontekstu istraživačkih pitanja IP_{v1}–4 objavljeni su 2016. godine u sledećem radu:

Krcadinac, U., Jovanovic, J., Devedzic, V., & Pasquier, P. (2016). Textual affect communication and evocation using abstract generative visuals. *IEEE Transactions on Human-Machine Systems*, 46(3), 370-379, DOI: THMS.2015.2504081

Širi društveni i praktični doprinos ove disertacije sastoji se u upotrebnosti vrednosti softverskog sistema Synesketch (verzija 2.0). Sudeći po dostupnoj literaturi, prva verzija Synesketch-a (verzija 1.0) bila je prvi softver za prepoznavanje i vizuelizaciju emocija izraženih u tekstu koji je objavljen na Vebu kao slobodno licenciran, besplatan softver otvorenog koda. Osim toga, poslednja verzija Synesketch-a (verzija 2.0) jedini je takav softver koji koristi semantičke tehnologije i paradigmu Povezanih podataka.

Od 2008. godine, kada je prva verzija softvera objavljena na Vebu, do danas, Synesketch se koristio u istraživačke, aplikativne i umetničke svrhe, širom sveta, u raznovrsnim domenima poput računarski posredovane komunikacije i podučavanja, generativne umetnosti i veštačke kreativnosti, interaktivne instalacije, analize finansijskih trendova, prepoznavanja emocija u muzici i govoru, dizajna pokreta i gestova avatara i robota, vizuelizacije vesti, komentara i mikročlanaka sa Veb-sajtova, vizuelizacije poezije, analize teksta u kontekstu kriminalistike i bezbednosti, analize procesa argumentacije, evaluacije semantičkih tehnologija u afektivnom računarstvu, kao i u kontekstu digitalne humanistike i semiotike. O pomenutim primerima primene Synesketch-a više se govori u odeljku koji sledi.

7.2 Mogućnosti i primeri korišćenja

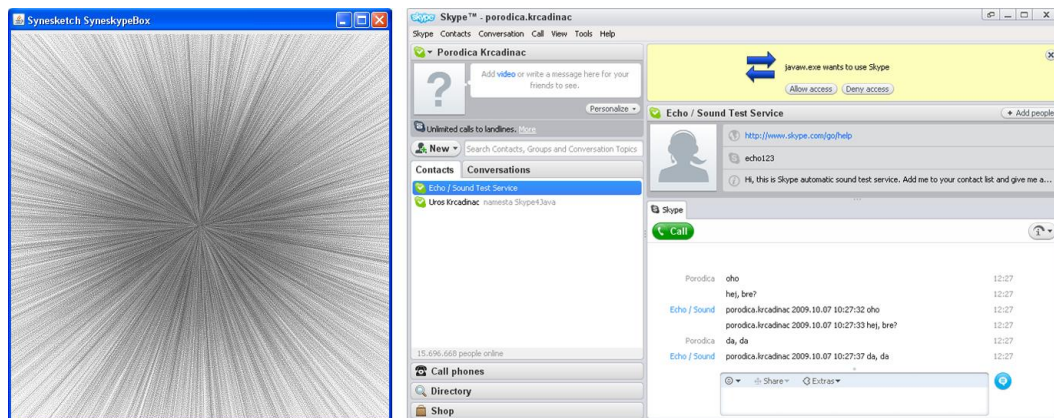
U ovom odeljku opisane su odabrane aplikacije i primeri korišćenja softverskog sistema Synesketch, od njegove prve verzije do danas. Pritom je potrebno naznačiti da se opisane aplikacije i primeri zasnivaju na ranijim verzijama Synesketch-a u odnosu na verziju koja se pominje u ovom radu (verziju 2.0). Ranije verzije razlikuju se od aktuelne utoliko što ne sadrže implementaciju semantičkih tehnologija. U međuvremenu je, takođe, unapređen algoritam za prepoznavanje emocija izraženih u tekstu (kako u pogledu leksikona, tako i u pogledu heurističkih pravila), kao i parametri vizuelizacionog sistema Synemania.

7.2.1 Aplikacije autora ovog rada zasnovane na Synesketch-u

Kao jedna od prvih aplikacija koja koristi Synesketch, a kreirana je za krajnje korisnike, ističe se aplikacija SyneSkype, emocionalni vizuelni čet-sistem. SyneSkype je realizovan kao softverska ekstenzija za Skype⁵², jednu od najkorišćenijih aplikacija za komunikaciju na Vebu. SyneSkype dodaje novu funkcionalnost standardnom Skype čet: novi prozor u kome se prikazuju Synesketch vizuelizacije, Synemania i Hoolooovoo. One se generišu na osnovu

⁵² <https://www.skype.com/en/>

emocija prepoznatih u tekstu četa. Slika 55 prikazuje interfejs pomenute aplikacije. SyneSkype je dostupan na Vebu⁵³.



Slika 55. Interfejs aplikacije SyneSkype, softverske ekstenzije za Skype koja vizuelizuje emocije izražene u četu uz pomoć metodologije objašnjene u ovom radu

Druga aplikacija zasnovana na Synesketch-u, kreirana od strane autora ovog rada, je softverski modul za Moodle, široko rasporstranjen sistem za upravljanje sadržajem u kontekstu podučavanja (*Learning Content Management System*). Ovaj modul omogućuje praćenje emocija u međusobnim interakcijama studenata, ostvarenim posredstvom Moodle-a (Krcadinac et al., 2012). Namena softvera je da pruži korisne informacije za predavače i profesore koji koordiniraju proces podučavanja na Vebu. Za potrebe aplikacije korišćena je predložena metodologija za prepoznavanje emocija izraženih u tekstu, ali su, s obzirom na praktičnu namenu softvera, umesto generativnih vizuala prezentovanih u ovom radu, razvijeni jednostavni i čitki grafikoni za prikaz identifikovanih emocija.

7.2.2 Aplikacije drugih istraživača, inženjera i dizajnera zasnovane na Synesketch-u

U naučno-istraživačkom kontekstu, izdvaja se upotreba Synesketch-a za evaluaciju Onyx-a, ontologije za reprezentaciju finijih tipova emocija u kontekstu afektivnog računarstva (Sanchez-Rada & Iglesias, 2016; Sanchez-Rada, 2013). Više detalja o projektu Onyx može se naći u Odeljku 2.2.2. U cilju semantičke anotacije emocija, Onyx je korišćen i u ovoj disertaciji, o čemu se govori u Odeljku 4.2.4.

Restrepo-Arango et al. (2012) koristili su Synesketch za kreiranje finansijske aplikacije UFP (Unified Financial Portfolio). Ova aplikacija dovlači i integriše nestrukturirane informacije iz finansijskog domena, služeći se društvenim mrežama

⁵³ <http://krcadinac.com/synesketch/#projects>

i berzanskim i medijskim Veb-sajtovima. Cilj UFP-a je da obezbedi bolje razumevanje tržišnih trendova koristeći sadržaj koji spontano kreiraju korisnici Veba (Restrepo-Arango et al., 2012). U ovom sadržaju važno mesto zauzimaju i emocionalne reakcije korisnika Veba na finansijsku situaciju, što je razlog integracije Synesketch-a u aplikaciju UFP.

U svojim istraživanjima emocionalne argumentacije u kontekstu primenjene veštačke inteligencije, Mohan et al. (2015) upotrebili su Synesketch za prepoznavanje emocija sadržanih u korpusu tekstova koji sadrže premise i zaključke. Konkretno, korišćen je korpus tekstova Evropskog suda za ljudska prava (European Court of Human Rights), kao i Araucaria⁵⁴, baza tekstova kreirana specijalno za računarsku analizu argumentacije (Mohan et al., 2015).

U kontekstu digitalne umetnosti i umetnosti novih medija, Synesketch su koristili autori rada KaleidOk⁵⁵ (2015). U pitanju je interaktivna instalacija koja koristi tehnologije prepoznavanja emocija izraženih u govoru i tekstu. KaleidOk vizuelizuje emocije u cilju istraživanja novih vidova kolaboracije među ljudima, kao i kolaboracije između ljudi i mašina.

Takođe u kontekstu umetnosti novih medija, Eigenfeldt et al. (2014) koristili su Synesketch kao jedan od gradivnih blokova svog sistema MediaScape. U ovom radu, autori posežu za paradigmom veštačke kreativnosti (*Artificial Creativity*); naime, MediaScape je sistem koji automatski komponuje medijske sadržaje (muziku, tekst i video), a Synesketch se koristi za analizu emocionalnog sadržaja teksta.

U svojoj studiji slučaja posvećenju analizi inteligentnih sistema za podučavanje, Landowska (2013) je primenila tehnologiju zasnovanu na Synesketch-u u cilju prepoznavanja emocija u konverzacijama koje nastaju tokom računarski-posredovane edukacije.

U kontekstu servisa Twitter⁵⁶, Atmadja i Purwarianti (2015) koristili su Synesketch kako bi sisteme zasnovane na pravilima i sisteme zasnovane na statistici poredili u kontekstu tačnosti klasifikacije emocija.

Synesketch je takođe korišćen za vizuelizaciju mikro-članaka sa Twitter-a. EmoTweet (Dand, 2008), desktop aplikacija za vizuelizaciju tvitova (*tweets*) u realnom vremenu, koristi predložen pristup za prepoznavanje i vizuelizaciju emocija izraženih u tekstu. Twitter Emotion Graphs (Guttman, 2009) služi se Synesketch

⁵⁴ <http://www.arg-tech.org/index.php/the-araucaria-database/>

⁵⁵ <http://www.kaleidok.co/>

⁵⁶ <https://twitter.com/>

algoritmom za prepoznavanje emocija, ali implementira svoje vizuelizacije tvitova – linijske grafikone na vremenskoj osi.

Poput Danda i Guttmana, i O'Halloran et al. (2014) napravili su svoje vizuelizacije emocija na Twitter-u, služeći se Synesketch-om. Na osnovu pomenute aplikacije, autori diskutuju o vizuelnim interfejsima u kontekstu digitalne humanistike i semiotike (O'Halloran, 2015; O'Halloran et al., 2014).

Polazeći od pretpostavke da se SMS poruke koriste pre za komunikaciju emocija nego za razmenu informacija, Byun (2011) je upotrebio Synesketch za analizu emocionalnog sadržaja SMS poruka. Na osnovu toga kreirana je mobilna aplikacija sa 3D animiranim avatarima koji su u stanju da izrazom lica i gestom saopšte emocije prepoznate u porukama (Byun & Lee, 2012; Byun, 2011). Takođe u kontekstu mobilnog računarstva, Baimbetov et al. (2015) koristili su Synesketch za razvijanje prototipa mobilnih servisa koji uzimaju u obzir emocionalni sadržaj ljudskih interakcija u velikim bazama podataka (*Big Data*).

Korak dalje otišli su Tay i Veloso (2012), koji su razvili pristup za modelovanje i kompoziciju gestova robota u kontekstu interakcije čoveka i robota; ovaj pristup, između ostalog, podrazumeva i prepoznavanje ljudskih emocija od strane robota. Analiza emocija u tekstualnim sadržajima tehnološki je rešena uz pomoć Synesketch-a (Tay & Veloso, 2012).

Malheiro et al. (2013) koristili su Synesketch za prepoznavanje emocija u tekstovima muzičkih numera. Po tvrdnjama autora, za prepoznavanje emocija u pesmama važno je uzeti u obzir kako audio podatke tako i tekstualne podatke. Takođe u kontekstu analize mešoviti audio-tekstualnih podataka, Synesketch je korišćen i kao podrška algoritmima za prepoznavanje emocija u govoru (Murphy & Redfern, 2015).

Donekle sličan domen primene imao je i Klerkx (2009), koji je upotrebio Synesketch za razvoj aplikacije za karaoke. Klerkxova aplikacija obezbeđuje vizuelni prozor koji prati promenu teksta tokom trajanja numere i obezbeđuje njenu vizuelnu reprezentaciju.

U kontekstu kriminalistike i bezbednosti, Braamse (2015) je koristio Synesketch za potrebe analize tekstova na društvenim mrežama i socijalnom Vebu u cilju identifikacije osećaja nesigurnosti koji je povezan sa kriminalom. Osećaj nesigurnosti identifikovan je posredstvom Ekmanove emocije straha.

Roy et al. (2016) primenili su Synesketch leksikone za potrebe prepoznavanja emocija u kontekstu analize zadovoljstva kupaca. Predmet analize bili su dijalozi između kupaca i zaposlenih. Aplikacija je pisana tako da funkcioniše u realnom vremenu.

Takođe, Synesketch se pojavljuje kao deo metodologija i pristupa izvesnog broja doktorskih disertacija. Teme ovih radova uključuju, primera radi, ulogu emocija u pronalaženju informacija (“Role of Emotion in Information Retrieval”, Moshfeghi, 2012), vizuelizaciju emocija u filmovima (“Multimedia Interaction and Access Based on Emotions: Automating Video Elicited Emotions Recognition and Visualization”, Oliveria, 2013), kao i prepoznavanje emocija u govoru (“The Use of Ensemble Techniques in Multiclass Speech Emotion Recognition to Improve Both Accuracy and Confidence in Classifications”, Murphy, 2015).

7.2.3 Ostali primeri korišćenja

Synesketech nije korišćen samo za razvoj zasebnih aplikacija i pristupa, nego i direktno, za vizuelizaciju tekstova različite vrste. Martin, tako, vizuelizuje vesti sa informativnih sajtova, poput portala Fox News i MSNBC (Martin, 2009). Pryce, pak, vizuelizuje komentare koje su programeri različitih softverskih sistema ostavljali u okviru svog koda (Pryce, 2008).

Britanski časopis Creative Review objavio je članak o Synesketch vizuelizacijama, ilustrujući njime poeziju Johna Hegleya i Sylviae Plath (Burgoyne, 2008).

Što se tiče festivala i konferencija, Synesketch je prikazan na festivalima digitalne umetnosti, kao što su Alternative Party⁵⁷ (2008) i SHARE Conference⁵⁸ (2011). O njemu su pisali portali poput VisualComplexity.com⁵⁹ (2008) i Infosthetics.com⁶⁰ (2008).

Synesketech su nagradili Privredna komora Beograda⁶¹ (2009) i američka organizacija International Digital Media and Arts Association⁶² (2010).

Takođe, izdavačka kuća univerziteta Princeton, Princeton University Press, upotrebila je sliku generisanu vizuelizacionim sistemom Synemania za grafički dizajn korica knjige “Diversity and Complexity” Scotta E. Pagea (Page, 2010).

⁵⁷ <http://www.altparty.org/2008/art-exhibition.html>

⁵⁸ <http://www.shareconference.net/en/news/synesketech2>

⁵⁹ www.visualcomplexity.com/vc/project.cfm?id=695

⁶⁰ http://www.infosthetics.com/archives/2008/10/textual_emotion_recognition_visualization.html

⁶¹ <http://www.kombeg.org.rs/aktivnosti/komora/Komora.aspx?veza=259>

⁶² <http://idmaa.org/conferences/idmaa-award-recipients/>

7.3 Pravci budućih istraživanja

Napori u budućnosti biće usmereni ka usavršavanju predloženih pristupa za prepoznavanje, semantičku anotaciju i vizuelizaciju emocija, kao i za dinamičko povezivanje medijskih sadržaja koji su anotirani podacima o emocijama.

Pristup za prepoznavanje emocija trebalo bi usavršiti i na nivou algoritma i na nivou leksikona. U planu je unapređenje detekcije negacije; primera radi, umesto obrtanja valence pozitivne emoticionalne težine za sva četiri tipa negativnih emocija (tuga, bes, strah i gađenje), unapređen algoritam trebalo bi da bude u stanju da utvrdi kontekstualno relevantne tipove negativnih emocija i prenese težinu samo na njih. Takođe, unapređen algoritam će, ukoliko je negacija detektovana, biti u stanju da menja modifikatore intenziteta. Novi algoritam takođe će uzimati u obzir i probleme višestruke negacije.

Takođe je u planu istraživanje koje bi trebalo da utvrdi hoće li algoritam koji na dubljem nivou analizira jezička svojstva u statistički značajnoj meri unaprediti performanse. Primera radi, jedna od slabosti pristupa predloženog u ovom radu sastoji se u tome da se ne uzima u obzir kontekstualna višeznačnost reči i uloga reči u rečenici. Ova svojstva trebalo bi dodati u narednoj verziji.

Osim toga, postoji plan da se izvrši hibridizacija trenutnog pristupa prepoznavanju emocija i pristupa zasnovanog na mašinskom učenju. Rad na novim algoritmima pratiće studije u kojima će se vršiti poređenja performansi različitih hibridnih varijanti algoritma u različitim kontekstima.

U vezi sa dinamičkim povezivanjem, planirano je obogaćenje biblioteke vizuelizacija koje se mogu koristiti za dinamičko mapiranje teksta i vizuala. U planu je i kreiranje algoritma koji bi, na osnovu ključnih reči kojima su vizuelizacije u biblioteci anotirane, birao najpodesniju vizuelizaciju. Ovaj algoritam bi mogao da uzima u obzir ne samo trenutno emocionalno stanje, već i, primera radi, model korisnika koji učestvuje u kreiranju teksta, istoriju čet-konverzacije, ili pak kontekst u kome se dešava konverzacija (ili, u opštem smislu, generisanje teksta).

Tehnologija koja u trenutnoj verziji omogućuje dinamičko mapiranje teksta i generativnih vizuala pomoću prepoznatih emocija mogla bi da se iskoristi za dinamičko povezivanje teksta i nekih drugih medijskih sadržaja, poput muzike, slika ili filmova. Sadržaji bi mogli da budu preuzimani sa Veba u realnom vremenu. U tom smislu, bilo bi zanimljivo organizovati komparativnu studiju u kojoj bi se poredilo zadovoljstvo korisnika u odnosu na različite vidove medijskih sadržaja.

Trenutni pristup ne uzima u obzir istoriju teksta, niti dinamički generisane animacije posmatra kao celovit medijski rad. Trebalo bi istražiti kako na doživljaj korisnika utiče istorija dinamičkog povezivanja i prožimanja teksta i slike u okviru jedne sesije (npr. jedne čet-konverzacije ili jedne serije tvitova).

Dodatno istraživanje moglo bi se posvetiti semantičkoj kodifikaciji emocionalnog značenja najpopularnijih emotikona i dinamički animiranih emodžija. Temelji za ovo istraživanje postavljeni su projektom Smiley Ontology (Radulovic & Milikic, 2009). Buduća istraživanja bila bi posvećena ispitivanju suptilnijih varijacija u značenju između emotikona, dinamičkom povezivanju emotikona i drugih sadržaja, kao i automatskom prepoznavanju konteksta u kome se ovi simboli pojavljuju. Neki od planiranih eksperimenata nadovezali bi se na predstavljenu studiju u kontekstu IPv1–4, s tim što bi se, umesto dinamički mapiranih tipova vizuelizacija, poredili dinamički mapirani tipovi i varijeteti emotikona i emodžija.

U kontekstu vizuelizacije, planirano je istraživanje koje bi trebalo da utvrdi kako različite odlike vizuelizacije i animacije (tekstura, oblik, pokret, brzina, ritam, tempo, itd.) utiču na emotivni doživljaj korisnika. Studija bi se vršila u saradnji sa istraživačima koji dolaze iz različitih oblasti – od umetnosti i dizajna do nauke i tehnologije. Rezultati studije potencijalno bi mogli da ukažu na opštije elemente vizuelnog jezika koji bi se mogao koristiti za afektivnu apstraktnu animaciju.

Bibliografija

- (Alexander, 1977) Alexander, C. (1977). *A pattern language: towns, buildings, construction*. Oxford University Press.
- (Alexander, 1977) Alexander, C. (1979). *The timeless way of building* (Vol. 1). New York: Oxford University Press.
- (Ali et al., 2015) Ali, M. I., Ono, N., Kaysar, M., Griffin, K., & Mileo, A. (2015, October). A semantic processing framework for IoT-enabled communication systems. In *International Semantic Web Conference* (pp. 241-258). Springer International Publishing.
- (Alm et al., 2005) Alm, C. O., Roth, D., & Sproat, R. (2005, October). Emotions from text: machine learning for text-based emotion prediction. In *Proceedings of the conference on human language technology and empirical methods in natural language processing* (pp. 579-586). Association for Computational Linguistics.
- (Alm, 2008) Alm, E. C. O. (2008). *Affect in text and speech*. (PhD Dissertation, Urbana, IL: University of Illinois at Urbana-Champaign)
- (Alm, 2009) Alm, E. C. O. (2008). *Affect in Text and Speech*. VDM Verlag.
- (Aman & Szpakowicz, 2007) Aman, S., & Szpakowicz, S. (2007, September). Identifying expressions of emotion in text. In *International Conference on Text, Speech and Dialogue* (pp. 196-205). Springer Berlin Heidelberg.
- (Andreevskaia & Bergler, 2006) Andreevskaia, A., & Bergler, S. (2006, April). Mining WordNet for a Fuzzy Sentiment: Sentiment Tag Extraction from WordNet Glosses. In *EACL* (Vol. 6, pp. 209-216).
- (Atmadja & Purwarianti, 2015) Atmadja, A. R., & Purwarianti, A. (2015, November). Comparison on the rule based method and statistical based method on emotion classification for Indonesian Twitter text. In *2015 International Conference on Information Technology Systems and Innovation (ICITSI)* (pp. 1-6). IEEE.
- (Baimbetov et al., 2015) Baimbetov, Y., Khalil, I., Steinbauer, M., & Anderst-Kotsis, G. (2015, June). Using big data for emotionally intelligent mobile services through multi-modal emotion recognition. In *International Conference on Smart Homes and Health Telematics* (pp. 127-138). Springer International Publishing.
- (Ballard, 1988) Ballard J. G. (1988). Introduction to the French Edition. Crash by J. G. Ballard (Paris: Calmann-Levy, 1974). Reprinted in V. Vale and A. Juno, eds. J. G. Ballard (pp. 96-98). San Francisco: Re/Search.

- (Bartram & Nakatani, 2010) Bartram, L., & Nakatani, A. (2010, November). What makes motion meaningful? Affective properties of abstract motion. In *Image and Video Technology (PSIVT), 2010 Fourth Pacific-Rim Symposium on* (pp. 468-474). IEEE.
- (Benford, 1996) Benford G. (1996, June). A Scientist's Notebook: net@fandom.com. In *The Magazine of Fantasy & Science Fiction* (Vol. 90, No. 6, p. 90).
- (Berlin & Kay, 1969) Berlin B. and Kay P. (1969) *Basic Color Terms*. Berkeley, CA, USA: Univ. California Press.
- (Berners-Lee et al., 2001) Berners-Lee, T., Hendler, J., & Lassila, O. (2001). The semantic web. *Scientific american*, 284(5), 28-37.
- (Bettelli, 1993) Bettelli, L., Giacomelli, G., & Bianchi-Streit, M. (1993). *Particle physics with bubble chamber photographs*. P00015776. [Online]. Available: <http://lss.fnal.gov/archive/other/print-93-0553.pdf> Retrieved on 2016-10-10.
- (Bierce, 1912) Bierce A. (1912). For Brevity and Clarity. In *The Collected Works of Ambrose Bierce, XI: Antepenultima*. (pp. 386-387). The Neale Publishing Company.
- (Bischof et al., 2015) Bischof, S., Martin, C., Polleres, A., & Schneider, P. (2015, October). Collecting, Integrating, Enriching and Republishing Open City Data as Linked Data. In *International Semantic Web Conference* (pp. 57-75). Springer International Publishing.
- (Bizer et al., 2009) Bizer, C., Heath, T., & Berners-Lee, T. (2009). Linked data: the story so far. *Semantic Services, Interoperability and Web Applications: Emerging Concepts*, 205-227.
- (Boden & Edmonds, 2009) Boden, M. A., & Edmonds, E. A. (2009). What is generative art?. *Digital Creativity*, 20(1-2), 21-46.
- (Bouayad-Agha et al., 2014) Bouayad-Agha, N., Casamayor, G., & Wanner, L. (2014). Natural language generation in the context of the semantic web. *Semantic Web*, 5(6), 493-513.
- (Boucouvalas & Zhe, 2002) Boucouvalas, A. C. & Zhe, X. (2002, July). Text-to-emotion engine for real time internet communication. In *Proceedings of International Symposium on Communication Systems, Networks and DSPs* (pp. 164-168).
- (Boucouvalas, 2003) Boucouvalas, A. C. (2002). Real time text-to-emotion engine for expressive Internet communications. In *Proceedings of International Symposium on Communication Systems, Networks and Digital Signal Processing (CSNDSP-2002)*.

- (Brunetti et al., 2013) Brunetti, J. M., Auer, S., García, R., Klímek, J., & Nečaský, M. (2013, December). Formal linked data visualization model. In *Proceedings of International Conference on Information Integration and Web-based Applications & Services* (p. 309). ACM.
- (Braamse, 2015) Braamse, T. (2015). Crime sentiment through social media: Feeling of insecurity related to crime in the Netherlands. Eindhoven University of Technology.
- (Buitelaar et al., 2013) Buitelaar, P., Arcan, M., Iglesias Fernandez, C. A., Sánchez Rada, J. F., & Strapparava, C. (2013). Linguistic linked data for sentiment analysis. In *2nd Workshop on Linked Data in Linguistics (LDL-2013): Representing and linking lexicons, terminologies and other language data*. (pp. 1-8). Pisa, Italy: Association for Computational Linguistics.
- (Burgoyne, 2008) Burgoyne P., ed. (2008). Synesketch, In *Creative Review*. (pp. 16) London: Centaur Media.
- (Burkhardt et al., 2014) Burkhardt F., Becker-Asano C., Begoli E., Cowie R., Fobe G., Gebhard P., Kazemzadeh A., Steiner I., & Llewellyn T. (2014). Application of EmotionML. In *Proceedings of the 5th International Workshop on Emotion, Sentiment, Social Signals and Linked Open Data (ES3LOD)*.
- (Byun & Lee, 2012) Byun, H. W., & Lee, J. S. (2012). Emotional Avatar Animation on Smart Phone SMS. *International Journal of Smart Home*, 6(3), 17-24.
- (Byun, 2011) Byun, H. (2011). Emotion Based Gesture Animation for Mobile Phone. In *Future Information Technology* (pp. 352-356). Springer Berlin Heidelberg.
- (Calix, 2010) Calix, R. A., Mallepudi, S. A., Chen, B., & Knapp, G. M. (2010). Emotion recognition in text for 3-D facial expression rendering. *IEEE Transactions on Multimedia*, 12(6), 544-551.
- (Calvo et al., 2015) Calvo, R. A., D'Mello, S., Gratch, J., & Kappas, A. (Eds.). (2014). *The Oxford handbook of affective computing*. Oxford University Press, USA.
- (Carvalho et al., 2009) Carvalho, P., Sarmiento, L., Silva, M. J., & De Oliveira, E. (2009, November). Clues for detecting irony in user-generated contents: oh...!! it's so easy;-). In *Proceedings of the 1st international CIKM workshop on Topic-sentiment analysis for mass opinion* (pp. 53-56). ACM.
- (Chuang & Wu, 2004) Chuang, Z. J., & Wu, C. H. (2004). Multi-modal emotion recognition from speech and text. *Computational Linguistics and Chinese Language Processing*, 9(2), 45-62.
- (Colton & Wiggins, 2012) Colton, S., & Wiggins, G. A. (2012, August). Computational creativity: The final frontier?. In *ECAI* (Vol. 12, pp. 21-26).

(Colton et al., 2008) Valstar, M., Colton, S., & Pantic, M. Emotionally Aware Automated Portrait Painting. In *BNAIC 2008 Belgian-Dutch Conference on Artificial Intelligence* (p. 407).

(Cramer et al., 2014) Cramer, A. O., van Ravenzwaaij, D., Matzke, D., Steingroever, H., Wetzels, R., Grasman, R. P., ... & Wagenmakers, E. J. (2014). Hidden Multiplicity in Multiway ANOVA: Prevalence and Remedies. *arXiv preprint arXiv:1412.3416*. [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/1412.3416> Retrieved on 2016-10-10.

(Dai et al., 2010) Dai, Y., Zhang, S., Chen, J., Chen, T., & Zhang, W. (2010). Semantic Network Language Generation based on a Semantic Networks Serialization Grammar. *World Wide Web*, 13(3), 307-341.

(Dand, 2008) Dand D. (2008). EmoTweet. [Online] Available: <http://web.archive.org/web/20120209082839/http://dhairyadand.com/works/emotweet> Retrieved on 2016-10-10.

(Das & Chen, 2007) Das, S. R., & Chen, M. Y. (2007). Yahoo! for Amazon: Sentiment extraction from small talk on the web. *Management Science*, 53(9), 1375-1388.

(Devillers et al., 2002) Devillers, L., Vasilescu, I., & Lamel, L. (2002, December). Annotation and detection of emotion in a task-oriented human-human dialog corpus. In *Proceedings of ISLE Workshop*.

(Eigenfeldt et al., 2014) Eigenfeldt, A., Thorogood, M., Bizzocchi, J., & Pasquier, P. (2014). *MediaScope: Towards a Video, Music, and Sound Metacreation*. *Journal of Science and Technology of the Arts*, 6(1), 61-73.

(Ekman, 1977) Ekman, P. (1977). Biological and cultural contributions to body and facial movement. 1977, 34-84.

(Ekman, 1993) Ekman, P. (1993). Facial expression and emotion. *American psychologist*, 48(4), 384.

(Elliott, 1992) Elliott, C. D. (1992). The affective reasoner: A process model of emotions in a multi-agent system. *PhD dissertation, Northwestern Univ. The Inst. for the Learning Sciences*, Technical Report No. 32.

(Elliott, 1993) Elliott, C. (1993, August). Using the affective reasoner to support social simulations. In *IJCAI* (Vol. 93, pp. p194-200).

(Esuli & Sebastiani, 2006) Esuli, A., & Sebastiani, F. (2006, May). Sentiwordnet: A publicly available lexical resource for opinion mining. In *Proceedings of LREC* (Vol. 6, pp. 417-422).

- (Fabri, 2007) Fabri, M., Elzouki, S. Y. A., & Moore, D. (2007, July). Emotionally expressive avatars for chatting, learning and therapeutic intervention. In *International Conference on Human-Computer Interaction* (pp. 275-285). Springer Berlin Heidelberg.
- (Fahlman, 2007) Fahlman S. E. (2007). Smiley Lore :-). *Personal Website*. [Online]. Available: <http://www.cs.cmu.edu/~sef/sefSmiley.htm> Retrieved on 2016-10-10.
- (Feng et al., 2014) Feng, C., Bartram, L., & Gromala, D. (2016). Beyond data: Abstract motionscapes as affective visualization. *Leonardo*.
- (Field, 2009) Field, A. (2009). *Discovering statistics using SPSS*. Sage publications.
- (Francisco & Gervas, 2012) Francisco, V., & Gervás, P. (2013). EMOTAG: An approach to automated markup of emotions in texts. *Computational Intelligence*, 29(4), 680-721.
- (Frijda, 1986) Frijda, N. H. (1986). The emotions: Studies in emotion and social interaction. *Paris: Maison de Sciences de l'Homme*.
- (Gajadhar & Green, 2003) Gajadhar J. & Green J. (2003). An analysis of nonverbal communication in an online chat group, *The Open Polytechnic of New Zealand, Working Paper*.
- (Galanter, 2003) Galanter, P. (2003). What is generative art? Complexity theory as a context for art theory. In *In GA2003-6th Generative Art Conference*. [Online]. Available: http://www.philipgalanter.com/downloads/ga2003_paper.pdf Retrieved on 2016-17-7.
- (Gamma, 1995) Gamma, E. (1995). *Design patterns: elements of reusable object-oriented software*. Pearson Education India.
- (Gašević, 2004) Gašević, D. (2004). *Ontologija Petrijevih mreža*. Beograd: FON.
- (Gaviria, 2008) Gaviria, A. R. (2008). When is information visualization art? Determining the critical criteria. *Leonardo*, 41(5), 479-482.
- (Geiss, 2001) Geiss, R. (2001). Milkdrop. [Online]. Available: <http://www.nullsoft.com/free/milkdrop/>
- (Georgiev, 2015) Georgiev, G. (2015, November). Metadata Enrichment in Publishing: Boosting Productivity and Increasing User Engagement. *Ontotext*. [Online]. Available: <http://www.slideshare.net/ontotext/webinar-metadata-enrichment-in-publishing> Retrieved on 2016-10-10.
- (Go et al., 2009) Go, A., Bhayani, R., & Huang, L. (2009). Twitter sentiment classification using distant supervision. *CS224N Project Report, Stanford*, 1, 12.

- (Goethe, 1840) Von Goethe, J. W. (1840). *Theory of colours* (Vol. 3). Mit Press.
- (Grassi, 2009) Grassi, M. (2009, September). Developing HEO human emotions ontology. In *European Workshop on Biometrics and Identity Management* (pp. 244-251). Springer Berlin Heidelberg.
- (Gregg, 1936) Gregg A. (1936, September). *The Harvard Lampoon*. Vol. 112 No. 1, pp. 30-31.
- (Gregory et al., 2006) Gregory, M. L., Chinchor, N., Whitney, P., Carter, R., Hetzler, E., & Turner, A. (2006, July). User-directed sentiment analysis: Visualizing the affective content of documents. In *Proceedings of the Workshop on Sentiment and Subjectivity in Text* (pp. 23-30). Association for Computational Linguistics.
- (Groth & Moreau, 2013) Groth P. & Moreau L. (2013). Prov-O W3C recommendation. *Tech. rep., W3C*. [Online]. Available: <http://www.w3.org/TR/prov-o/> Retrieved on 2016-10-10.
- (Gruber, 1993) Gruber, T. R. (1993). A translation approach to portable ontology specifications. *Knowledge acquisition*, 5(2), 199-220.
- (Gutknecht et al., 2008) Gutknecht, J., Kulka, I., Lukowicz, P., & Stricker, T. (2008). Advances in expressive animation in the interactive performance of a Butoh dance. In *Transdisciplinary Digital Art. Sound, Vision and the New Screen* (pp. 418-433). Springer Berlin Heidelberg.
- (Guttman, 2009) Guttman, D. (2009). *Twitter Emotion Graphs*. [Online] Available: <https://github.com/dguttman/Twitter-Emotion-Graphs> Retrieved on 2016-10-10.
- (Hastings et al., 2011) Hastings, J., Ceusters, W., Smith, B., & Mulligan, K. (2011). Dispositions and processes in the Emotion Ontology. In *ICBO*.
- (Huber et al., 2014) Huber, J., Szttyler, T., Noessner, J., Murdock, J., Allen, C., & Niepert, M. (2014). LOD: Linking Digital Humanities Content to the Web of Data. In *Proceedings of the 14th ACM/IEEE Joint Conference on Digital Libraries (JCDL)*. London, UK.
- (Hyvonen et al., 2005) Hyvönen, E., Mäkelä, E., Salminen, M., Valo, A., Viljanen, K., Saarela, S., ... & Kettula, S. (2005). MuseumFinland—Finnish museums on the semantic web. *Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web*, 3(2), 224-241.
- (Izard, 1993) Izard, C. E. (1993). Four systems for emotion activation: cognitive and noncognitive processes. *Psychological review*, 100(1), 68.
- (James, 1884) James, W. (1884). II.—What is an emotion?. *Mind*, (34), 188-205.

(Janzen & Mass, 2009) Janzen, S., & Maass, W. (2009, September). Ontology-based natural language processing for in-store shopping situations. In *Semantic Computing, 2009. ICSC'09. IEEE International Conference on* (pp. 361-366). IEEE.

(Jones, 2015) Jones, J. (2015). Information Graphics and Intuition Heuristics as a Techne for Visualization. *Journal of Business and Technical Communication*.

(Jovanović, 2005) Jovanović J. (2005). Dinamičko kreiranje edukativnih sadržaja na Semantičkom Vebu. (Magistarska teza. Beograd: FON, Univerzitet u Beogradu).

(Kamvar & Harris, 2011) Kamvar, S. D., & Harris, J. (2011, February). We feel fine and searching the emotional web. In *Proceedings of the fourth ACM international conference on Web search and data mining* (pp. 117-126). ACM.

(Kandinsky, 1911) Kandinsky, W. (1911). *Concerning the Spiritual in Art*. Translated by Michael T. H. Sadler in 2004. Kessinger Publishing.

(Katz et al., 2007) Katz, P., Singleton, M., & Wicentowski, R. (2007, June). Swat-mp: the semeval-2007 systems for task 5 and task 14. In *Proceedings of the 4th international workshop on semantic evaluations* (pp. 308-313). Association for Computational Linguistics.

(Keshtkar, 2011) Keshtkar, F. (2011). A computational approach to the analysis and generation of emotion in text (Doctoral dissertation, Université d'Ottawa/University of Ottawa).

(Kiryakov et al., 2004) Kiryakov, A., Popov, B., Terziev, I., Manov, D., & Ognyanoff, D. (2004). Semantic annotation, indexing, and retrieval. *Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web*, 2(1), 49-79.

(Klee, 1961) Klee P. (1961). *The Thinking Eye, Vol. 1 of Paul Klee Notebooks*, ed. Jürg Spiller (London: Lund Humphries, 1961).

(Klee, 1992) Klee P. (1992). *The Nature of Nature, Vol. 2 of Paul Klee Notebooks*, ed. Jürg Spiller (New York: Overlook Press, 1992).

(Klerkx, 2009) Klerkx J. (2009). Visualizing Emotion in Lyrics. *Visualizing Music*. [Online] Available: <https://visualizingmusic.wordpress.com/2009/09/11/visualizing-emotion-in-lyrics/> Retrieved on 2016-10-10.

(Knuth, 1997) Knuth D. (1997). *The Art of Computer Programming, Volume 2: Seminumerical Algorithms*, Section 3.2.1. Addison-Wesley, 1969. 3rd edition: 1997.

(Kosara et al., 2006) Kosara, R., Bendix, F., & Hauser, H. (2006). Parallel sets: Interactive exploration and visual analysis of categorical data. *IEEE transactions on visualization and computer graphics*, 12(4), 558-568..

(Kosara, 2007) Kosara, R. (2007, July). Visualization criticism—the missing link between information visualization and art. In *Information Visualization, 2007. IV'07. 11th International Conference* (pp. 631-636). IEEE.

(Krauss, 1986) Krauss, R. E. (1986). *The originality of the avant-garde and other modernist myths*. MIT press.

(Krcadinac et al., 2012) Krčadinac, U., Jovanović, J., & Devedžić, V. (2012, August). Visualizing the affective structure of students interaction. In *International Conference on Hybrid Learning* (pp. 23-34). Springer Berlin Heidelberg.

(Landowska, 2013) Landowska A. (2013, June). Affect-awareness framework for intelligent tutoring systems. In *2013 6th International Conference on Human System Interactions (HSI)* (pp. 540-547). IEEE.

(Lau & Moere, 2007) Lau, A., & Moere, A. V. (2007, July). Towards a model of information aesthetics in information visualization. In *Information Visualization, 2007. IV'07. 11th International Conference* (pp. 87-92). IEEE.

(Lazarus, 1994) Lazarus R. (1994). From appraisal: the minimal cognitive prerequisites of emotion. In *The Nature of Emotion: Fundamental Questions*. New York: Oxford University Press.

(Lehrman et al., 2012) Lehrman, M. T., Alm, C. O., & Proano, R. A. (2012, June). Detecting distressed and non-distressed affect states in short forum texts. In *Proceedings of the Second Workshop on Language in Social Media* (pp. 9-18). Association for Computational Linguistics.

(Leshed & Kaye, 2006) Leshed, G., & Kaye, J. J. (2006, April). Understanding how bloggers feel: recognizing affect in blog posts. In *CHI'06 extended abstracts on Human factors in computing systems* (pp. 1019-1024). ACM.

(Levin et al., 2006) Levin, G., Nigam K., & Feinberg J. (2006). *The Dumpster*. [Online]. Available: <http://artport.whitney.org/commissions/thedumpster/> Retrieved on 2016-10-10.

(Little et al., 2002) Little, S., Geurts, J., & Hunter, J. (2002, September). Dynamic generation of intelligent multimedia presentations through semantic inferencing. In *International Conference on Theory and Practice of Digital Libraries* (pp. 158-175). Springer Berlin Heidelberg.

(Liu & Maes, 2006) Liu, H., & Maes, P. (2006). Rendering aesthetic impressions of text in color space. *International Journal on Artificial Intelligence Tools*, 15(04), 515-550.

(Liu & Singh, 2004) Liu, H., & Singh, P. (2004). ConceptNet—a practical commonsense reasoning tool-kit. *BT technology journal*, 22(4), 211-226.

(Liu et al., 2003) Liu, H., Lieberman, H., & Selker, T. (2003, January). A model of textual affect sensing using real-world knowledge. In *Proceedings of the 8th international conference on Intelligent user interfaces* (pp. 125-132). ACM.

(Liu, 2007) Liu, B. (2007). *Web data mining: exploring hyperlinks, contents, and usage data*. Springer Science & Business Media.

(Liu, Selker & Lieberman, 2003) Liu, H., Selker, T., & Lieberman, H. (2003, April). Visualizing the affective structure of a text document. In *CHI'03 extended abstracts on Human factors in computing systems* (pp. 740-741). ACM.

(Lockyer & Bartram, 2012) Lockyer, M., & Bartram, L. (2012, June). The aMotion toolkit: painting with affective motion textures. In *Proceedings of the Eighth Annual Symposium on Computational Aesthetics in Graphics, Visualization, and Imaging* (pp. 35-43). Eurographics Association.

(Lockyer et al., 2011) Lockyer, M., Bartram, L., & Riecke, B. E. (2011, August). Simple motion textures for ambient affect. In *Proceedings of the International Symposium on Computational Aesthetics in Graphics, Visualization, and Imaging* (pp. 89-96). ACM.

(Ma et al., 2005) Ma, C., Prendinger, H., & Ishizuka, M. (2005, October). Emotion estimation and reasoning based on affective textual interaction. In *International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction* (pp. 622-628). Springer Berlin Heidelberg.

(Malevich, 1915) Malevich, K. (1915). On new systems in art. *Essays on art, 1928*, 85.

(Malheiro et al., 2013) Malheiro, R., Panda, R., Gomes, P., & Paiva, R. (2013). Music Emotion Recognition from Lyrics: A Comparative Study. 6th International Workshop on Machine Learning and Music (MML13). Held in Conjunction with the European Conference on Machine Learning and Principles and Practice of Knowledge Discovery in Databases (ECMLPPKDD13).

(Manovich, 2002) Manovich, L. (2002). The anti-sublime ideal in data art. [Online]. Available: http://virus.meetopia.net/pdf-ps_db/LManovich_data_art.pdf Retrieved on 2016-10-10.

(Martin, 2009) Martin, A. (2009). *Synesketch and Eclipse*. [Online] Available: <http://justtestingblo.blogspot.rs/2009/09/synesketch-and-eclipse.html> Retrieved on 2016-13-7.

(Mauss & Robinson, 2009) Mauss, I. B., & Robinson, M. D. (2009). Measures of emotion: A review. *Cognition and emotion, 23*(2), 209-237.

- (McCrae et al., 2011) McCrae, J., Spohr, D., & Cimiano, P. (2011, May). Linking lexical resources and ontologies on the semantic web with lemon. In *Extended Semantic Web Conference* (pp. 245-259). Springer Berlin Heidelberg.
- (Mihalcea & Liu, 2006) Mihalcea, R., & Liu, H. (2006, March). A Corpus-based Approach to Finding Happiness. In *AAAI Spring Symposium: Computational Approaches to Analyzing Weblogs* (pp. 139-144).
- (Miller, 1990) Miller, G. A., Beckwith, R., Fellbaum, C., Gross, D., & Miller, K. J. (1990). Introduction to WordNet: An on-line lexical database. *International journal of lexicography*, 3(4), 235-244.
- (Mishne, 2005) Mishne, G. (2005, August). Experiments with mood classification in blog posts. In *Proceedings of ACM SIGIR 2005 workshop on stylistic analysis of text for information access* (Vol. 19, pp. 321-327). Citeseer.
- (Moere, 2007) Moere, A. V. (2007). Aesthetic data visualization as a resource for educating creative design. In *Computer-Aided Architectural Design Futures (CAADFutures) 2007* (pp. 71-84). Springer Netherlands.
- (Mohan et al.) Mohan, D. C., Das, D., & Bandyopadhyay, S. (2015, July). Emotion argumentation. In *Recent Trends in Information Systems (ReTIS), 2015 IEEE 2nd International Conference on* (pp. 331-336). IEEE.
- (Moholy-Nagy, 1925) Moholy-Nagy L. (1925). *Malerei, Fotografie, Film*. Bauhausbücher. Bd. 8, München 1925. [Online]. Available: http://bibliothequekandinsky.centrepompidou.fr/images/bk/RLPF727/M5050_X0031_LIV_RLPF0727.pdf Retrieved on 2016-10-10.
- (Moilanen & Pulman, 2007) Moilanen, K., & Pulman, S. (2007, September). Sentiment composition. In *Proceedings of RANLP* (Vol. 7, pp. 378-382).
- (Moshfeghi, 2012) Moshfeghi, Y. (2012). *Role of emotion in information retrieval* (Doctoral dissertation, University of Glasgow).
- (Mulder et al., 2004) Mulder, M., Nijholt, A., Den Uyl, M., & Terpstra, P. (2004, September). A lexical grammatical implementation of affect. In *International Conference on Text, Speech and Dialogue* (pp. 171-177). Springer Berlin Heidelberg.
- (Munsell, 1919) Munsell, A. H. (1919). *A color notation*. Munsell color company.
- (Murphy & Redfern, 2015) Murphy, A., & Redfern, S. (2015). Confidence Measures in Multiclass Speech Emotion Recognition using Ensemble Learning to Catch Blunders. In *IJSTE - International Journal of Science Technology & Engineering*, Volume 2, Issue 3.

(Murphy, 2015) Murphy, A. (2015). *The use of ensemble techniques in multiclass speech emotion recognition to improve both accuracy and confidence in classifications* (Doctoral dissertation, National University of Ireland, Galway).

(Navigli & Ponzetto, 2012) Navigli, R., & Ponzetto, S. P. (2012). BabelNet: The automatic construction, evaluation and application of a wide-coverage multilingual semantic network. *Artificial Intelligence*, 193, 217-250.

(Neviarouskaya et al., 2007) Neviarouskaya, A., Prendinger, H., & Ishizuka, M. (2007, January). Analysis of affect expressed through the evolving language of online communication. In *Proceedings of the 12th international conference on Intelligent user interfaces* (pp. 278-281). ACM.

(Neviarouskaya et al., 2010) Neviarouskaya, A., Prendinger, H., & Ishizuka, M. (2010). User study on AffectIM, an avatar-based Instant Messaging system employing rule-based affect sensing from text. *International Journal of Human-Computer Studies*, 68(7), 432-450.

(Neviarouskaya et al., 2011) Neviarouskaya, A., Prendinger, H., & Ishizuka, M. (2011). Affect analysis model: novel rule-based approach to affect sensing from text. *Natural Language Engineering*, 17(01), 95-135.

(O'Halloran et al., 2014) Chua, A., & Podlasov, A. (2014). The role of images in social media analytics: A multimodal digital humanities approach. In *Visual communication*, ed. D. Machin. (pp. 565-588). Berlin: Gruyter.

(O'Halloran, 2015) O'Halloran, K. L. (2015). Multimodal Digital Humanities. In *International Handbook of Semiotics* (pp. 389-415). Springer Netherlands.

(Oliveira, 2013) Oliveira, E. F. D. (2013). *Multimedia interaction and access based on emotions: automating video elicited emotions recognition and visualization* (Doctoral dissertation, University of Lisbon)

(Olveres et al., 1998) Olveres, J., Billinghamurst, M., Savage, J., & Holden, A. (1998, October). Intelligent, expressive avatars. In *Proceedings of the First Workshop on Embodied Conversational Characters* (pp. 47-55).

(Omata et al., 2012) Omata, M., Moriwaki, K., Mao, X., Kanuka, D., & Imamiya, A. (2012, May). Affective rendering: Visual effect animations for affecting user arousal. In *Multimedia Computing and Systems (ICMCS), 2012 International Conference on* (pp. 737-742). IEEE.

(Ortony et al., 1988) Ortony, A., Clore, G., & Collins, A. (1988). The Cognitive Structure of Emotions: Cambridge Uni. Press, New York.

(Ou et al., 2004) Ou L. C., Luo M. R., Woodcock A., & Wright A. (2004, April). A study of colour emotion and colour preference. Part I: Colour emotions for single colours. In *Color Research & Application*. 29 (3): 232-240.

(Page, 2010) Page, S. E. (2010). *Diversity and complexity*. Princeton University Press.

(Pak & Paroubek, 2010) Pak, A., & Paroubek, P. (2010, May). Twitter as a Corpus for Sentiment Analysis and Opinion Mining. In *LREc* (Vol. 10, pp. 1320-1326).

(Pang & Lee, 2008) Pang, B., & Lee, L. (2008). Opinion mining and sentiment analysis. *Foundations and trends in information retrieval*, 2(1-2), 1-135.

(Pang et al., 2002) Pang, B., Lee, L., & Vaithyanathan, S. (2002, July). Thumbs up?: sentiment classification using machine learning techniques. In *Proceedings of the ACL-02 conference on Empirical methods in natural language processing- Volume 10* (pp. 79-86). Association for Computational Linguistics.

(Pereira, 2006) Pereira, F. C. (2007). *Creativity and artificial intelligence: a conceptual blending approach* (Vol. 4). Walter de Gruyter.

(Peris et al., 2002) Peris, R., Gimeno, M. A., Pinazo, D., Ortet, G., Carrero, V., Sanchiz, M., & Ibanez, I. (2002). Online chat rooms: Virtual spaces of interaction for socially oriented people. *CyberPsychology & Behavior*, 5(1), 43-51.

(Persson, 2003) Persson, P. (2003, November). Exms: an animated and avatar-based messaging system for expressive peer communication. In *Proceedings of the 2003 international ACM SIGGROUP conference on Supporting group work* (pp. 31-39). ACM.

(Picard, 1997) Picard, R. W. (1997). *Affective computing*. Cambridge: MIT press.

(Picard, 2003) Picard, R. W. (2003). Affective computing: challenges. *International Journal of Human-Computer Studies*, 59 (1), 55-64.

(Popova, 2012) M. Popova. (2012). 100 Diagrams That Changed the World, In *Brain Pickings*. [Online]. Available: <https://www.brainpickings.org/2012/12/21/100-diagrams-that-changed-the-world/> Retrieved on 2016-10-10.

(Pos & Green-Armytage, 2012) Da Pos, O., & Green-Armytage, P. (2012). Facial expressions, colours and basic emotions. *JAIC-Journal of the International Colour Association*, 1.

(Prinz, 2004) Prinz, J. (2004). Which emotions are basic. *Emotion, evolution, and rationality*, 69, 88.

(Pryce, 2008) Pryce N. (2008). *What do Programmers Feel About their Software?* [Online] Available: <http://www.natpryce.com/articles/000748.html> Retrieved on 2016-10-10.

- (Purver & Battersby, 2012) Purver, M., & Battersby, S. (2012, April). Experimenting with distant supervision for emotion classification. In *Proceedings of the 13th Conference of the European Chapter of the Association for Computational Linguistics* (pp. 482-491). Association for Computational Linguistics.
- (Quan & Ren, 2014) Quan, C., & Ren, F. (2016). Visualizing emotions from chinese blogs by textual emotion analysis and recognition techniques. *International Journal of Information Technology & Decision Making*, 15(01), 215-234.
- (Radulovic & Milikic, 2009) Radulovic, F., & Milikic, N. (2009). Smiley ontology. In *Proceedings of the 1st International Workshop on Social Networks Interoperability*.
- (Rayfield, 2012) Rayfield, J. (2012). Sports Refresh: Dynamic Semantic Publishing, In *BBC Online Blog*. [Online]. Available: http://www.bbc.co.uk/blogs/bbcinternet/2012/04/sports_dynamic_semantic.html Retrieved on 2016-10-10.
- (Read, 2005) Read, J. (2005, June). Using emoticons to reduce dependency in machine learning techniques for sentiment classification. In *Proceedings of the ACL student research workshop* (pp. 43-48). Association for Computational Linguistics.
- (Restrepo-Arango et al., 2012) Restrepo-Arango, C., Henao-Chaparro, A., & Jiménez-Guarín, C. (2012, October). Using the web to monitor a customized unified financial portfolio. In *International Conference on Conceptual Modeling* (pp. 358-367). Springer Berlin Heidelberg.
- (Rizzo et al., 2015) Rizzo, G., Corcho, O., Troncy, R., Plu, J., Hermida, J. C. B., & Assaf, A. (2015, October). The 3sixty Knowledge Base for Expo Milano 2015: Enabling Visitors to Explore the City. In *Proceedings of the 8th International Conference on Knowledge Capture* (p. 18). ACM.
- (Roseman & Smith, 2001) Roseman I. J. & Smith C. A. (2001). Appraisal theory. In K. Scherer, A. Schorr, and T. Johnstone (eds.), *Appraisal Processes in Emotion: Theory, Methods, Research*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- (Roy et al., 2016) Roy, S., Mariappan, R., Dandapat, S., Srivastava, S., Gallotra, S., & Peddamuthu, B. (2016, March). QA RT: A System for Real-Time Holistic Quality Assurance for Contact Center Dialogues. In *Thirtieth AAAI Conference on Artificial Intelligence*.
- (Sack, 2011) Sack, W. (2011). Aesthetics of information visualization. *Context providers: Conditions of meaning in media arts*, 123-150.
- (Sanchez-Rada & Iglesias, 2013) Sánchez Rada, J. F., & Iglesias Fernandez, C. A. (2013). Onyx: Describing emotions on the web of data.

- (Sanchez-Rada & Iglesias, 2016) Sánchez-Rada, J. F., & Iglesias, C. A. (2016). Onyx: A Linked Data approach to emotion representation. *Information Processing & Management*, 52(1), 99-114.
- (Sanchez-Rada et al., 2014) Sánchez-Rada, J. F., Vulcu, G., Iglesias, C. A., & Buitelaar, P. (2014, October). EUROSENTIMENT: linked data sentiment analysis. In *Proceedings of the 2014 International Conference on Posters & Demonstrations Track-Volume 1272* (pp. 145-148). CEUR-WS. org.
- (Sanchez-Rada, 2013) Sánchez-Rada J. F. (2013, July). *Onyx Ontology Specification, V1.2*. [Online]. Available: <http://www.gsi.dit.upm.es/ontologies/onyx/> Retrieved on 2016-10-10.
- (Schroder et al., 2006) Schröder, M., Pirker, H., & Lamolle, M. (2006, May). First suggestions for an emotion annotation and representation language. In *Proceedings of LREC* (Vol. 6, pp. 88-92).
- (Schroder et al., 2007) Schröder, M., Devillers, L., Karpouzis, K., Martin, J. C., Pelachaud, C., Peter, C., ... & Wilson, I. (2007, September). What should a generic emotion markup language be able to represent?. In *International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction* (pp. 440-451). Springer Berlin Heidelberg.
- (Seol et al., 2008) Seol, Y. S., Kim, D. J., & Kim, H. W. (2008, July). Emotion recognition from text using knowledge-based ANN. In *Proceedings of ITC-CSCC* (pp. 1569-1572).
- (Sirin et al., 2003) Sirin, E., Hendler, J., & Parsia, B. (2003, April). Semi-automatic composition of web services using semantic descriptions. In *1st Workshop on Web Services: Modeling, Architecture and Infrastructure* (pp. 17-24).
- (Skog et al., 2003) Skog, T., Ljungblad, S., & Holmquist, L. E. (2003, October). Between aesthetics and utility: designing ambient information visualizations. In *Information Visualization, 2003. INFOVIS 2003. IEEE Symposium on* (pp. 233-240). IEEE.
- (Solomon, 1973) Solomon, R. C. (1973). Emotions and choice. *The Review of Metaphysics*, 20-41.
- (Spindler, 2009) Spindler, O. (2009). *Affective space interfaces*. (M.Sc. Thesis. Fakultät für Informatik der Technischen Universität Wien, Austria)
- (Spurio, 2003) Spurio, M. (2003). Bubble chambers: a Gallery of Pictures. In *Proceedings of the Workshop 30 Years of Bubble Chamber Physics*. Bologna Academy of Sciences, 2003. [Online]. Available: <http://www.bo.infn.it/antares/bolle-libro/pictures.doc> Retrieved on 2016-10-10.

(Stone et al., 1966) Stone, P. J., Dunphy, D. C., & Smith, M. S. (1966). *The General Inquirer: A Computer Approach to Content Analysis*. The MIT Press, Cambridge, 1966.

(Strapparava & Mihalcea, 2007) Strapparava, C., & Mihalcea, R. (2007, June). Semeval-2007 task 14: Affective text. In *Proceedings of the 4th International Workshop on Semantic Evaluations* (pp. 70-74). Association for Computational Linguistics.

(Strapparava & Valitutti, 2004) Strapparava, C., & Valitutti, A. (2004, May). WordNet Affect: an Affective Extension of WordNet. In *LREC* (Vol. 4, pp. 1083-1086).

(Strapparava et al., 2006) Strapparava, C., Valitutti, A., & Stock, O. (2006, May). The affective weight of lexicon. In *Proceedings of the fifth international conference on language resources and evaluation* (pp. 423-426).

(Subasic & Huettner, 2001) Subasic, P., & Huettner, A. (2001). Affect analysis of text using fuzzy semantic typing. *IEEE Transactions on Fuzzy systems*, 9 (4), 483-496.

(Subyen et al., 2011) Subyen, P., Maranan, D., Schiphorst, T., Pasquier, P., & Bartram, L. (2011, August). EMVIZ: the poetics of movement quality visualization. In *Proceedings of the International Symposium on Computational Aesthetics in Graphics, Visualization, and Imaging* (pp. 121-128). ACM.

(Swartout & Tate, 1999) Swartout, W., & Tate, A. (1999). Ontologies. *IEEE Intelligent Systems and Their Applications*, 14(1), 18-19.

(Tao & Tan, 2004) Tao, J., & Tan, T. (2004, October). Emotional Chinese talking head system. In *Proceedings of the 6th international conference on Multimodal interfaces* (pp. 273-280). ACM.

(Tao & Tan, 2005) Tao, J., & Tan, T. (2005, October). Affective computing: A review. In *International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction* (pp. 981-995). Springer Berlin Heidelberg.

(Tarbel, 2003) J. Tarbel. (2003). *Levitated: Bubble Chamber*. [Online]. Available: www.levitated.net/p5/chamber/ Retrieved on 2016-10-10.

(Tay & Veloso, 2012) Tay, J., & Veloso, M. (2012, September). Modeling and composing gestures for human-robot interaction. In *2012 IEEE RO-MAN: The 21st IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication* (pp. 107-112). IEEE.

(Thellmann et al., 2015) Thellmann, K., Galkin, M., Orlandi, F., & Auer, S. (2015, October). LinkDaViz—automatic binding of linked data to visualizations.

In *International Semantic Web Conference* (pp. 147-162). Springer International Publishing.

(Thelwall et al., 2010) Thelwall, M., Buckley, K., Paltoglou, G., Cai, D., & Kappas, A. (2010). Sentiment strength detection in short informal text. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 61(12), 2544-2558.

(Valdez & Mehrabian, 1994) Valdez, P., & Mehrabian, A. (1994). Effects of color on emotions. *Journal of experimental psychology: General*, 123(4), 394.

(Viegas & Wattenberg, 2007) Viégas, F. B., & Wattenberg, M. (2007, July). Artistic data visualization: Beyond visual analytics. In *International Conference on Online Communities and Social Computing* (pp. 182-191). Springer Berlin Heidelberg.

(Wilson, 2002) Wilson, S. (2002). *Information arts: intersections of art, science, and technology*. MIT press.

(Voigt et al., 2013) Voigt, M., Pietschmann, S., & Meißner, K. (2013). A semantics-based, end-user-centered information visualization process for semantic web data. In *Semantic models for adaptive interactive systems* (pp. 83-107). Springer London.

(Weal et al., 2007) Weal, M. J., Alani, H., Kim, S., Lewis, P. H., Millard, D. E., Sinclair, P. A., ... & Shadbolt, N. R. (2007). Ontologies as facilitators for repurposing web documents. *International Journal of Human-Computer Studies*, 65(6), 537-562.

(Weerasinghe et al., 2015) Weerasinghe, P., Rajapakse, R. J., & Marasinghe, A. (2015). An empirical analysis on emotional body gesture for affective virtual communication. *International Journal of Computer Science Issues (IJCSI)*, 12 (1), 101.

(Wensel & Sood, 2008) Wensel, A. M., & Sood, S. O. (2008, October). Vibes: visualizing changing emotional states in personal stories. In *Proceedings of the 2nd ACM international workshop on Story representation, mechanism and context* (pp. 49-56). ACM.

(Westerski & Sánchez-Rada, 2013) Westerski A., & Sánchez-Rada J. F. (2013, May). *Marl Ontology Specification, V1.0*. [Online]. Available: <http://www.gsi.dit.upm.es/ontologies/marl/> Retrieved on 2016-10-10.

(Westerski et al., 2011) Westerski, A., Iglesias Fernandez, C. A., & Tapia Rico, F. (2011). Linked opinions: Describing sentiments on the structured web of data. In *4th international workshop Social Data on the Web (SDoW 2011)*. Bonn, Germany.

(Whitelaw, 2004) Whitelaw, M. (2004). *Metacreation: art and artificial life*. Mit Press.

(Whitelaw, 2008) Whitelaw, M. (2008). Art against information: Case studies in data practice. *fibreculture*, 11.

(Wittgenstein, 1966) Wittgenstein, L. (1966). *Lectures & conversations on aesthetics, psychology, and religious belief*. Univ of California Press.

(Xie et al., 2015) Xie, L., Jia, J., Meng, H., Deng, Z., & Wang, L. (2015). Expressive talking avatar synthesis and animation. *Multimedia Tools and Applications*, 74 (22), 9845-9848.

(Yuan & Purver, 2012) Yuan, Z., & Purver, M. (2015). Predicting emotion labels for chinese microblog texts. In *Advances in Social Media Analysis* (pp. 129-149). Springer International Publishing.

Biografija autora

Uroš Krčadinac rođen je 1. 2. 1984. u Pančevu, gde je osnovnu školu i gimnaziju „Uroš Predić“ završio kao đak generacije. 2003. godine upisao je Fakultet organizacionih nauka Univerziteta u Beogradu. Fakultet je završio 2008. godine, na odseku za Informacione sisteme i tehnologije, sa prosečnom ocenom 9.86, kao student generacije među svim odsecima. Diplomski rad odbranio je u leto 2008. godine.

Doktorske studije na Fakultetu organizacionih nauka upisao je u jesen 2008. godine. U toku doktorskih studija, položio je svih devet predmeta sa prosečnom ocenom 10 i osvojio ukupno 90 ESP bodova. Nakon toga, odbranio je pristupni rad, čime je osvojio dodatnih 30 ESP bodova. Prema tome, ukupan broj ostvarenih ESP bodova u toku pohađanja doktorskih studija iznosi 120.

U međuvremenu, usavršavao se na Fakultetu za interaktivne umetnosti i tehnologiju Univerziteta Sajmon Frejzer u Kanadi, kao i u Laboratoriji za interaktivne medije Univerziteta Gornje Austrije u Austriji.

Uporedo sa akademskim radom, višestruko je nagrađivan za svoj umetnički i dizajnerski rad u oblasti novih medija. Takođe je koautor, koizdavač, dizajner i ilustrator „Bantustana“, putopisa koji kombinuje elemente atlasa i enciklopedije.

U svom akademskom i profesionalnom radu trudi se da poveže iskustva kako iz oblasti informacionih tehnologija, tako i iz vizuelnih umetnosti, vizuelizacije podataka, pripovedanja i izdavaštva, animacije i dizajna novih medija.

Dobitnik je sledećih nagrada i priznanja: Nagrada Festivala Kratki metar za najbolji debitantski film i Nagrada za najbolju animaciju (2002 i 2003); Nagrada Grada Pančeva za dostignuća u oblasti umetnosti (2004); Nagrada Privredne komore Beograda za najbolji diplomski rad (2009); Nagradna stipendija Univerziteta Sajmon Frejzer za najboljeg upisanog studenta (2010); i Nagrada Američke asocijacije za digitalne medije (iDMAa) (2010).

Prilog 1

Izjava o autorstvu

Potpisani

Uroš Krčadinac

Broj indeksa

21/2008

Izjavljujem

da je doktorska disertacija pod naslovom

Dinamičko povezivanje i vizuelizacija semantički anotiranog sadržaja

- rezultat sopstvenog istraživačkog rada,
- da predložena disertacija u celini ni u delovima nije bila predložena za dobijanje bilo koje diplome prema studijskim programima drugih visokoškolskih ustanova,
- da su rezultati korektno navedeni i
- da nisam kršio autorska prava i koristio intelektualnu svojinu drugih lica.

U Beogradu,

Potpis doktoranda

10. 1. 2017.

Izjava o istovetnosti štampane i elektronske verzije doktorskog rada

Ime i prezime autora	<i>Uroš Krčadinac</i>
Broj indeksa	<i>21/2008</i>
Studijski program	<i>Softversko inženjerstvo</i>
Naslov rada	<i>Dinamičko povezivanje i vizuelizacija semantički anotiranog sadržaja</i>
Mentor	<i>dr Jelena Jovanović</i>

Potpisani/a

Uroš Krčadinac

Izjavljujem da je štampana verzija mog doktorskog rada istovetna elektronskoj verziji koju sam predao za objavljivanje na portalu Digitalnog repozitorijuma Univerziteta u Beogradu.

Dozvoljavam da se objave moji lični podaci vezani za dobijanje akademskog zvanja doktora nauka, kao što su ime i prezime, godina i mesto rođenja i datum odbrane rada.

Ovi lični podaci mogu se objaviti na mrežnim stranicama digitalne biblioteke, u elektronskom katalogu i u publikacijama Univerziteta u Beogradu.

U Beogradu,

Potpis doktoranda

10. 1. 2017.

Izjava o korišćenju

Ovlašćujem Univerzitetsku biblioteku „Svetozar Marković“ da u Digitalni repozitorijum Univerziteta u Beogradu unese moju doktorsku disertaciju pod naslovom:

Dinamičko povezivanje i vizuelizacija semantički anotiranog sadržaja

koja je moje autorsko delo.

Disertaciju sa svim prilogima predao sam u elektronskom formatu pogodnom za trajno arhiviranje.

Moju doktorsku disertaciju pohranjenu u Digitalni repozitorijum Univerziteta u Beogradu mogu da koriste svi koji poštuju odredbe sadržane u odabranom tipu licence Kreativne zajednice (*Creative Commons*) za koju sam se odlučio.

1. Autorstvo
2. Autorstvo – nekomercijalno
3. Autorstvo – nekomercijalno – bez prerade
4. Autorstvo – nekomercijalno – deliti pod istim uslovima
5. Autorstvo – bez prerade
6. Autorstvo – deliti pod istim uslovima

(Molimo da zaokružite samo jednu od šest ponuđenih licenci, kratak opis licenci dat je na poledini lista).

U Beogradu,

Potpis doktoranda

10. 1. 2017.

1. Autorstvo – Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence, čak i u komercijalne svrhe. Ovo je najslobodnija od svih licenci.

2. Autorstvo – nekomercijalno. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence. Ova licenca ne dozvoljava komercijalnu upotrebu dela.

3. Autorstvo – nekomercijalno – bez prerade. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, bez promena, preoblikovanja ili upotrebe dela u svom delu, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence. Ova licenca ne dozvoljava komercijalnu upotrebu dela. U odnosu na sve ostale licence, ovom licencom se ograničava najveći obim prava korišćenja dela.

4. Autorstvo – nekomercijalno – deliti pod istim uslovima. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence i ako se prerada distribuira pod istom ili sličnom licencom. Ova licenca ne dozvoljava komercijalnu upotrebu dela i prerada.

5. Autorstvo – bez prerade. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, bez promena, preoblikovanja ili upotrebe dela u svom delu, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence. Ova licenca dozvoljava komercijalnu upotrebu dela.

6. Autorstvo – deliti pod istim uslovima. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence i ako se prerada distribuira pod istom ili sličnom licencom. Ova licenca dozvoljava komercijalnu upotrebu dela i prerada. Slična je softverskim licencama, odnosno licencama otvorenog koda.