

Znanstveni prispevki

Neli Blagus, Slavko Žitnik, Marko Bajec
ANALIZA UPORABNOSTI PODATKOV IZ DRUŽBENIH OMREŽIJ

Ciril Bohak, Žiga Lesar, Matija Marolt
INTERAKTIVNO PLATFORMNO AGNOSTIČNO SLEDENJE ŽARKOV
V REALNEM ČASU S SPLETNIMI TEHNOLOGIJAMI

Pogledi v zgodovino

Vanja Milan Bufon
ISKRA DELTA – OD KOTLOVNICE DO INDUSTRIJSKEGA PODJETJA

Informacije

Saša Divjak
PREDSTAVITEV KNJIGE SLOVENIJA NA POTI DIGITALNE PREOBRAZBE

Niko Schlamberger
PISMO STRANKAM – PREDLOGI ZA DVIG DIGITALNIH KOMPETENC

IZ ISLOVARJA

04 UPORABNA INFORMATIKA

2018 < ŠTEVILKA 4 < OKT. NOV. DEC. < LETNIK XXVI < ISSN 1318-1882

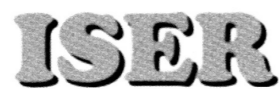
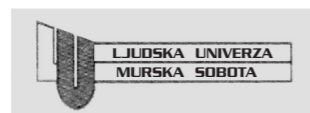
ISSN 1318-1882



9 771318 188001

Izpitni centri ECDL

ECDL (European Computer Driving License), ki ga v Sloveniji imenujemo evropsko računalniško spričevalo, je standardni program usposabljanja uporabnikov, ki da zaposlenim potrebno znanje za delo s standardnimi računalniškimi programi na informatiziranem delovnem mestu, delodajalcem pa pomeni dokazilo o usposobljenosti. V Evropi je za uvajanje, usposabljanje in nadzor izvajanja ECDL pooblaščen ustanova ECDL Foundation, v Sloveniji pa je kot član CEPIS (Council of European Professional Informatics) to pravico pridobilo Slovensko društvo INFORMATIKA. V državah Evropske unije so pri uvajanju ECDL močno angažirane srednje in visoke šole, aktivni pa so tudi različni vladni resorji. Posebno pomembno je, da velja spričevalo v 148 državah, ki so vključene v program ECDL. Doslej je bilo v svetu izdanih že več kot 11,6 milijona indeksov, v Sloveniji več kot 17.000, in podeljenih več kot 11.000 spričeval. Za izpitne centre v Sloveniji je usposobljenih osem organizacij, katerih logotipe objavljamo.



Včlanite se v Slovensko društvo INFORMATIKA

Pristopna izjava

za članstvo v Slovenskem društvu INFORMATIKA

Pravne osebe izpolnijo samo drugi del razpredelnice

Ime in priimek	
Datum rojstva	
Stopnja izobrazbe	srednja, višja, visoka
Naziv	prof., doc., spec., mag., dr.
Domači naslov	
Poštna št. in kraj	
Ulica in hišna številka	
Telefon (stacionarni/mobilni)	

Zanimajo me naslednja področja/sekcije*

- jezik
- informacijski sistemi
- operacijske raziskave
- seniorji
- zgodovina informatike
- poslovna informatika
- poslovne storitve
- informacijske storitve
- komunikacije in omrežja
- softver
- hardver
- upravna informatika
- geoinformatika
- izobraževanje

Zaposlitev člana oz. člana - pravna oseba

Podjetje, organizacija	
Kontaktna oseba	
Davčna številka	
Poštna št. in kraj	
Ulica in hišna številka**	
Telefon	
Faks	
E-pošta	

podpis

kraj, datum

Pošto društva želim prejemati na domači naslov / v službo.

Članarina znaša: 18,00 € - redna

7,20 € - za dodiplomske študente in seniorje (ob predložitvi dokazila o statusu)

120,00 € - za pravne osebe

Članarino, ki vključuje glasilo društva – revijo **Uporabna informatika**, bom poravnal sam / jo bo poravnal delodajalec.

DDV je vključen v članarino.

Naročilnica na revijo UPORABNA INFORMATIKA

Naročnina znaša: 35,00 € za fizične osebe

85,00 € za pravne osebe – prvi izvod

60,00 € za pravne osebe – vsak naslednji izvod

15,00 € za študente in seniorje (ob predložitvi dokazila o statusu)

DDV je vključen v naročnino.

ime in priimek ali naziv pravne osebe in ime kontaktne osebe

davčna številka, transakcijski račun

naslov plačnika

naslov, na katerega želite prejemati revijo (če je drugačen od naslova plačnika)

telefon/telefaks

elektronska pošta

Podpis

Datum

U P O R A B N A I N F O R M A T I K A

2018 ŠTEVILKA 4 OKT/NOV/DEC LETNIK XXVI ISSN 1318-1882

Znanstveni prispevki

Neli Blagus, Slavko Žitnik, Marko Bajec

Analiza uporabnosti podatkov iz družbenih omrežij

133

Ciril Bohak, Žiga Lesar, Matija Marolt

Interaktivno platformno agnostično sledenje žarkov v realnem času s spletnimi tehnologijami

143

Pogledi v zgodovino

Vanja Milan Bufon

ISKRA DELTA – od kotlovnice do industrijskega podjetja

153

Informacije

Saša Divjak

Predstavitev knjige Slovenija na poti digitalne preobrazbe

160

Niko Schlamberger

Pismo strankam – Predlogi za dvig digitalnih kompetenc

162

Iz Islovarja

166

Ustanovitelj in izdajatelj

Slovensko društvo INFORMATIKA
Litostrojska cesta 54, 1000 Ljubljana

Predstavniki

Niko Schlamberger

Odgovorni urednik

Saša Divjak

Uredniški odbor

Marko Bajec, Vesna Bosilj Vukšič, Sjaak Brinkkemper, Gregor Hauc, Jurij Jaklič, Andrej Kovačič, Jan von Knop, Jan Mendling, Miodrag Popović, Katarina Puc, Vladislav Rajković, Ivan Rozman, Pedro Simões Coelho, John Taylor, Mirko Vintar, Tatjana Welzer Družovec, Slavko Žitnik

Recenzenti

Alenka Baggia, Marko Bajec, Marko Bohanec, Renato Burazer, Janez Demšar, Dejan Dinevski, Saša Divjak, Nadja Dobnik, Jure Erjavec, Aleksandar Gavrič, Miro Gradišar, Aleš Groznik, Tanja Grublješič, Marko Hölbl, Mojca Indihar Štemberger, Jurij Jaklič, Mirjana Kljajič Borštnar, Monika Klun, Štefan Kohek, Andrej Kovačič, Nives Kreuh, Marjan Krisper, Robert Leskovar, Niko Lukač, Luka Pavlič, Aleš Popovič, Uroš Rajković, Vladislav Rajković, Živa Rant, Andrej Robida, Niko Schlamberger, Marina Trkman, Peter Trkman, Tomaž Turk, Mirko Vintar, Borut Werber, Boštjan Žvanut

Tehnični urednik

Slavko Žitnik

Lektoriranje

Mira Turk Škraba (slov.)
Marvelingua (angl.)

Oblikovanje

KOFEIN DIZAJN, d. o. o.

Prelom in tisk

Boex DTP, d. o. o., Ljubljana

Naklada

150 izvodov

Naslov uredništva

Slovensko društvo INFORMATIKA
Uredništvo revije Uporabna informatika
Litostrojska cesta 54, 1000 Ljubljana
www.uporabna-informatika.si

Revija izhaja četrtletno. Cena posamezne številke je 20,00 EUR. Letna naročnina za podjetja 85,00 EUR, za vsak nadaljnji izvod 60,00 EUR, za posameznike 35,00 EUR, za študente in seniorje 15,00 EUR. V ceno je vključen DDV.

Revija Uporabna informatika je od številke 4/VII vključena v mednarodno bazo INSPEC.

Revija Uporabna informatika je pod zaporedno številko 666 vpisana v razvid medijev, ki ga vodi Ministrstvo za kulturo RS.

Revija Uporabna informatika je vključena v Digitalno knjižnico Slovenije (dLib.si).

© Slovensko društvo INFORMATIKA

Vabilo avtorjem

V reviji Uporabna informatika objavljamo kakovostne izvirne članke domačih in tujih avtorjev z najširšega področja informatike v poslovanju podjetij, javni upravi in zasebnem življenju na znanstveni, strokovni in informativni ravni; še posebno spodbujamo objavo interdisciplinarnih člankov. Zato vabimo avtorje, da prispevke, ki ustrezajo omenjenim usmeritvam, pošljejo uredništvu revije po elektronski pošti na naslov ui@drustvo-informatika.si.

Avtorje prosimo, da pri pripravi prispevka upoštevajo navodila, objavljena v nadaljevanju ter na naslovu <http://www.uporabna-informatika.si>.

Za kakovost prispevkov skrbi mednarodni uredniški odbor. Članki so anonimno recenzirani, o objavi pa na podlagi recenzij samostojno odloča uredniški odbor. Recenzenti lahko zahtevajo, da avtorji besedilo spremenijo v skladu s priporočili in da popravljeni članek ponovno prejmejo v pregled. Uredništvo pa lahko še pred recenzijo zavrne objavo prispevka, če njegova vsebina ne ustreza vsebinski usmeritvi revije ali če članek ne ustreza kriterijem za objavo v reviji.

Pred objavo članka mora avtor podpisati izjavo o avtorstvu, s katero potrjuje originalnost članka in dovoljuje prenos materialnih avtorskih pravic. Nenaročenih prispevkov ne vračamo in ne honoriramo. Avtorji prejmejo enoletno naročnino na revijo Uporabna informatika, ki vključuje avtorski izvod revije in še nadaljnje tri zaporedne številke.

S svojim prispevkom v reviji Uporabna informatika boste prispevali k širjenju znanja na področju informatike. Želimo si čim več prispevkov z raznoliko in zanimivo tematiko in se jih že vnaprej veselimo.

Uredništvo revije

Navodila avtorjem člankov

Članke objavljamo praviloma v slovenščini, članke tujih avtorjev pa v angleščini. Besedilo naj bo jezikovno skrbno pripravljeno. Priporočamo zmernost pri uporabi tujk in – kjer je mogoče – njihovo zamenjavo s slovenskimi izrazi. V pomoč pri iskanju slovenskih ustreznih priporočamo uporabo spletnega terminološkega slovarja Slovenskega društva Informatika Islovar (www.islovar.org).

Znanstveni članek naj obsega največ 40.000 znakov, strokovni članki do 30.000 znakov, obvestila in poročila pa do 8.000 znakov.

Članek naj bo praviloma predložen v urejevalniku besedil Word (*.doc ali *.docx) v enojnem razmaku, brez posebnih znakov ali poudarjenih črk. Za ločilom na koncu stavka napravite samo en prazen prostor, pri odstavkih ne uporabljajte zamika.

Naslovu članka naj sledi za vsakega avtorja polno ime, ustanova, v kateri je zaposlen, naslov in elektronski naslov. Sledi naj povzetek v slovenščini v obsegu 8 do 10 vrstic in seznam od 5 do 8 ključnih besed, ki najbolje opredeljujejo vsebinski okvir članka. Pred povzetkom v angleščini naj bo še angleški prevod naslova, prav tako pa naj bodo dodane ključne besede v angleščini. Obratno velja v primeru predložitve članka v angleščini. Razdelki naj bodo naslovljeni in oštevilčeni z arabskimi številkami.

Slike in tabele vključite v besedilo. Opremite jih z naslovom in oštevilčite z arabskimi številkami. Vsako sliko in tabelo razložite tudi v besedilu članka. Če v članku uporabljate slike ali tabele drugih avtorjev, navedite vir pod sliko oz. tabelo. Revijo tiskamo v črno-beli tehniki, zato barvne slike ali fotografije kot original niso primerne. Slik zaslonov ne objavljamo, razen če so nujno potrebne za razumevanje besedila. Slike, grafikoni, organizacijske sheme ipd. naj imajo belo podlago. Enačbe oštevilčite v oklepajih desno od enačbe.

V besedilu se sklicujte na navedeno literaturo skladno s pravili sistema APA navajanja bibliografskih referenc, najpogosteje torej v obliki (Novak & Kovač, 2008, str. 235). Na koncu članka navedite samo v članku uporabljeno literaturo in vire v enotnem seznamu po abecednem redu avtorjev, prav tako v skladu s pravili APA. Več o sistemu APA, katerega uporabo omogoča tudi urejevalnik besedil Word 2007, najdete na strani <http://owl.english.purdue.edu/owl/resource/560/01/>.

Članku dodajte kratek življenjepis vsakega avtorja v obsegu do 8 vrstic, v katerem poudarite predvsem strokovne dosežke.

Analiza uporabnosti podatkov iz družbenih medijev

Neli Blagus, Slavko Žitnik in Marko Bajec

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za računalništvo in informatiko, Večna pot 113, Ljubljana

{neli.blagus, slavko.zitnik, marko.bajec}@fri.uni-lj.si

Izvleček

Z razvojem svetovnega spleta in družbenih medijev smo vse bolj vpeti v uporabo interneta v vsakdanjem življenju. Družbena omrežja, različni forumi in splet na splošno spreminjajo način komunikacije in sodelovanja med nami. Podatki iz takšnih medijev so bogata zakladnica mnenj, ki nam ob pravilni obravnavi omogočajo celovitejše razumevanje družbe. V članku predstavljamo pet popularnih družbenih medijev: Twitter, Facebook, Tumblr, Google+¹ in YouTube. Raziskali smo njihove možnosti pridobivanja podatkov ter za izbrane ključne besede analizirali razlike med mediji in tematikami ključnih besed. Izkazalo se je, da sta najbolj uporabljena družbena medija Twitter in Facebook, a med njima obstajajo razlike, saj na Twitterju uporabniki raje objavljajo, na Facebooku pa komentirajo. Uporabniki, ki so pretežno moškega spola, v splošnem največ pišejo o znanih osebnostih ter politikih, objave pa so v večini v angleškem jeziku.

Ključne besede: Družbena omrežja, analiza podatkov, analiza omrežij, Twitter, Facebook, Tumblr, Google+, YouTube.

Abstract

Social Media Data Usability Analysis

In the past decade, social media has become an important part of our everyday life. Social media has changed the way we communicate, collaborate and gather information. Researchers from different fields exploit social media to provide deeper insight into human behavior. In this paper, we present five social media platforms with their potential for data analysis. Investigating several topics, we provide insight into the use of the social media data. The analyses show reach and engagement differences, usability of a social network based on user type and their goals or general behaviour. We observe statistics and compare data from Twitter, Facebook, Tumblr, Google+ and YouTube. The results reveal differences in posting or commenting. Twitter is the most influential media, yet the influence of Facebook is also considerable. Furthermore, posts from compared social media differ in language, sentiment and gender identification aspects.

Keywords: Social networks, data analysis, network analysis, Twitter, Facebook, Tumblr, Google+, YouTube.

1 UVOD

Junija 2018 je bilo na družbenem omrežju Facebook registriranih več kot dve milijardi uporabnikov. Od tega jih 66 odstotkov uporablja Facebook vsakodnevno, kar kaže na to, da so družbeni mediji pomemben del našega življenja (Statista, 2018). Družbena omrežja, različni forumi in splet na splošno spreminjajo način komunikacije in sodelovanja med nami. Podatki iz družbenih medijev so bogata zakladnica mnenj ter nam ob pravilni obravnavi omogočajo celovitejši pogled na družbene probleme in lažje razumevanje delovanja družbe.

Družbeni medij je definiran kot spletna ali mobilna aplikacija, s katero lahko uporabniki kreiramo različne vsebine in si jih izmenjujemo (Kaplan

in Haenlein, 2010). Poznamo več tipov družbenih medijev, na primer blogi (angl. blogs; npr. Blogger) in mikroblogi (angl. microblogs; npr. Twitter), spletna družbena omrežja (angl. online social networks; npr. Facebook) in spletna mesta za izmenjavo vsebin (angl. media sharing sites; npr. YouTube) (Gundeča in Liu, 2012). Vsakodnevno uporabniki na družbenih medijih objavijo ogromne količine vsebin. Pridobivanje, shranjevanje in analiza tako velikih količin podatkov je velik izziv za raziskovalce. Večina družbenih medijev ima za to na voljo t. i. aplikacijski programski vmesnik (angl. application programming interface, API). API pomeni množico rutin, protokolov in orodij za izgradnjo programske opreme in aplikacij; med drugim prek API-jev družbeni mediji

¹ Storitve Google+ bo leta 2019 ukinjena za končne uporabnike.

ponujajo dostop do različnih podatkov tudi za raziskovalne namene.

V raziskavah je med vsemi družbenimi mediji najbolj priljubljen Twitter; podatke iz Twitterja največkrat uporabljajo v različnih študijah (Felt, 2016). Tufekci (2014) popularnost Twitterja pripisuje dostopnosti in preprostosti pridobivanja podatkov; Osborne in Dredze (2014) pa sta pokazala, da se na Twitterju najhitreje pojavijo objave, vezane na aktualne novice. Sicer raziskovalci podatke iz Twitterja uporabljajo na primer za identifikacijo pomembnih novic (Petrovič idr., 2013), zaznavanje potresov (Sakaki, 2010), prometnih dogodkov (Anantharam idr., 2015) ali epidemij (Aramaki idr., 2011). Prav tako je veliko raziskav, ki analizirajo značke (angl. hashtags) (Lotan idr., 2011) ter iščejo vzorce v komunikaciji med uporabniki Twitterja (Naaman idr., 2010).

Podatki iz družbenih medijev, kot so na primer Tumblr, YouTube in Facebook, so v raziskavah uporabljeni redkeje. Razlog za to najbrž leži v sami popularnosti posameznega medija ter v omejitvah pri pridobivanju podatkov iz njihovih API-jev. Podatki iz Tumblra so uporabljeni v analizi sentimentov (angl. sentiment analysis) (Bourlai in Herring, 2014) ali za odkrivanje različnih vrst vsebin (Xu idr., 2014). Raziskave, ki uporabljajo podatke iz YouTube, se ukvarjajo predvsem z napovedovanjem popularnosti spletnih vsebin (Figueiredo idr., 2011) ali z obnašanjem uporabnikov (Siersdorfer idr., 2010). Raziskave, ki uporabljajo podatke iz Facebooka, pa se ukvarjajo pretežno z analizo osebnosti uporabnikov glede na njihovo aktivnost (Moore in McElroy, 2012) in z zasebnostjo podatkov (Zimmer, 2010).

V prispevku analiziramo podatke iz petih družbenih medijev: Twitter, Facebook, Google+, Tumblr in YouTube. Predstavljamo njihove API-je ter možnosti in omejitve pri pridobivanju podatkov. Nato za izbrane ključne besede po izbranih medijih opazujemo statistiko objav, ki vsebujejo te ključne besede. Analizo smo izvedli v treh delih: A) v prvem merimo doseg (angl. reach) in aktivnosti (angl. engagement) objav s posamezno ključno besedo, B) v drugem delu analiziramo osnovno statistiko objav (število vseh objav, komentarjev in porabnikov), C) v tretjem delu pa analiziramo jezik in sentiment objav ter spol uporabnikov po posameznih družbenih medijih. Osredotočili smo se na opazovanje razlik med tematikami ključnih besed ter analizirali obnašanje uporabnikov. Izkazalo se je, da se to med družbenimi mediji razli-

kuje, na primer na Twitterju uporabniki več objavljajo, na Facebooku komentirajo. Skupen vsem analiziranim družbenim medijem je angleški jezik večine objav. Prav tako so na vseh medijih aktivni pretežno uporabniki moškega spola, ki objavljajo bolj negativne kot pozitivne objave.

Nadaljevanje prispevka je sestavljeno iz treh delov. Najprej v razdelku 2 opisujemo družbene medije in njihove API-je. V razdelku 3 predstavljamo ključne besede, uporabljene v analizi, ter rezultate in diskusijo, razdelek 4 je sklepni.

2 DRUŽBENI MEDIJI IN NJIHOVI API-JI

V raziskavi smo se osredotočili na družbene medije, ki so dobro poznani v Evropi: Facebook, YouTube, WhatsApp, Google+, Tumblr in Twitter (Reuter in Scholl, 2014). Aplikacija WhatsApp ne omogoča dostopa do podatkov, zato smo uporabili ostalih pet medijev.

Podatki so iz družbenih medijev dostopni prek API-jev. Med posameznimi mediji obstajajo razlike pri načinu dostopa do podatkov, omejitvah pri pridobivanju podatkov ter njihovi strukturi (Reuter in Schooll, 2014). Vprašanja, ki se porajajo pri pridobivanju in analizi teh podatkov, se tičejo pretežno zasebnosti ter načina nadzora upravljalcev družbenih medijev nad podatki (Schafer in van Es, 2017). Več avtorjev je poudarilo problem pristranskosti podatkov, saj lahko na primer nekateri uporabniki objavljajo občutno več kot drugi, hkrati pa ne poznamo vse populacije, iz katere je narejen vzorec podatkov (Lomborg in Bechman, 2014; Ruths in Pfeffer, 2014). Kljub naštetemu pomenijo API-ji učinkovit način za zbiranje podatkov v raziskovalne namene. V nadaljevanju predstavljamo posamezne družbene medije in možnosti ter omejitve njihovih API-jev (pri predstavitvi metod, ki so prek API-jev dostopne, smo se osredotočili na tiste, ki so zanimive za podobne raziskave in analize). Na koncu poglavja v tabeli 1 povzemamo možnosti posameznih API-jev.

2.1 Twitter

Twitter je spletno družbeno omrežje, ki ponuja storitev mikrobloganja (tj. objave imajo omejeno dolžino). Twitter API (Twitter API, 2018) je namenjen upravljanju oglasnih kampanj in dostopu do podatkov. Vmesnik API sestavlja več storitev: oglasni (angl. advertising), sporočilni (angl. direct message), iskalni (angl. search) in pretočni (angl. streaming) API. Pridobivanju podatkov sta namenjena zadnja dva.

Iskalni API ponuja podatke za objave zadnjih sedem dni. To velja za brezplačno javno verzijo, možne so tudi plačljive premium verzije, za 30 dni oziroma za vse objave od leta 2006. V naši analizi smo uporabili brezplačno verzijo. Prek API-ja ni mogoče priti do čisto vseh objav, ima pa možnost filtriranja podatkov na različne načine, na primer glede na lokacijo ali jezik. Po drugi strani lahko prek pretočnega API-ja pridobivamo objave, ki so objavljene v tistem trenutku in vsebujejo določeno ključno besedo ali jih objavlja določeni uporabnik. Ta API vrne več rezultatov kot iskalni, ima pa manj možnosti za filtriranje in prilagajanje rezultatov. Podatki so iz obeh API-jev dosegljivi z zahtevkom HTTP ali prek knjižnic programskih jezikov Python, PHP, JavaScript in drugih.

Do podatkov dostopamo z veljavnim žetonom za dostop (angl. access token). Ima pa API nekaj omejitev. Pretočni API lahko sledi hkrati 5000 uporabnikom in vrne približno odstotek vseh objav, ki so objavljene v danem trenutku. V iskalnem API-ju je mogočih 180 klicev za iskanje na uporabnika oziroma 450 klicev za iskanje na aplikacijo v časovnem oknu 15 minut.

Prek API-ja so dostopne štiri metode.

- Iskanje objav po ključni besedi. Za dano ključno besedo vrne objave, ki jo vsebujejo, skupaj z osnovnimi informacijami o objavi in uporabniku, ki je objavil objavo. Iščemo lahko glede na datum – pred določenim datumom in po njem (kot že omenjeno, pri brezplačni različici ni mogoče iskati po objavah, starejših od sedem dni, je pa mogoče starejše objave pridobiti prek izpisa objav določenega uporabnika). Med rezultati iskanja po objavah so tudi deljene objave (angl. retweet) in komentarji objav.
- Iskanje objav po lokaciji. Za dano ključno besedo in lokacijo (v okolici danih geografskih koordinat ali v podani državi) vrne vse objave, ki vsebujejo ključno besedo, njihov avtor pa ima podano informacijo o lokaciji oziroma državi.
- Iskanje uporabnikov po ključni besedi. Za dano ključno besedo vrne seznam uporabnikov, ki jo vsebujejo v imenu.
- Izpis podrobnejših informacij o objavi ali uporabniku. Za dano identifikacijsko številko objave vrne informacije, kot so na primer podatki o objavi, lokacija objave, statistike, kot so število ogledov, všečkov (angl. like), komentarjev ipd.

2.2 Google+

Google+ je spletno družbeno omrežje za povezovanje uporabnikov. API (Google+ API, 2018) je v osnovi namenjen izdelovanju aplikacij, ponuja pa tudi možnost dostopa do podatkov. API je dosegljiv prek zahtevkov HTTP in knjižnic programskih jezikov Python, PHP, Java, Ruby, Go in C#. Do podatkov dostopamo z veljavnim žetonom za dostop (je enak za vse Googleove storitve). V času pisanja tega prispevka (oktober 2018) je dostop do podatkov omejen s kvotami (angl. quota) na tri načine: za aplikacijo 10.000 zahtevkov na dan in 200 zahtevkov na 100 sekund in kvota za uporabnika 500 zahtevkov na 100 sekund.

Prek API-ja so dostopne te metode:

- iskanje objav po ključni besedi – za dano ključno besedo vrne objave, ki jo vsebujejo; iščemo lahko tudi objave glede na datum;
- iskanje uporabnikov po ključni besedi – za dano ključno besedo vrne seznam uporabnikov, ki jo vsebujejo v imenu;
- izpis komentarjev določene objave – za dano identifikacijsko številko objave vrne njegove komentarje (ime uporabnika, ki je zapisal komentar, besedilo komentarja, datum objave ipd.);
- izpis podrobnejših informacij o objavi – za dano identifikacijsko številko objave vrne njene osnovne informacije.

2.3 YouTube

YouTube je spletna storitev za objavljanje in deljenje video vsebin. YouTube API (YouTube API, 2018) je namenjen izdelavi aplikacij za interakcijo s storitvami YouTube in vsebuje analitični (angl. analytics), pretočni (angl. streaming) in podatkovni (angl. data) API. Prek njih je mogoče objavljanje in predvajanje posnetkov, iskanje in spreminjanje posnetkov ter dostop do različnih statistik. Za namene raziskav za dostop do podatkov uporabljamo podatkovni API. Dostopen je prek zahtevkov HTTP in knjižnic programskih jezikov Java, JavaScript, Python, PHP, Ruby, Go ter Node.js. Do podatkov dostopamo z veljavnim žetonom za dostop. V času pisanja tega prispevka (oktober 2018) je dostop do podatkov omejen s kvotami, pri čemer vsak klic stane nekaj kvot, na primer operacija branja stane 1 kvoto, nalaganje posnetka pa 1600 kvot. Vsak projekt ima na voljo milijon kvot na dan.

Prek API-ja so dostopne te metode:

- iskanje po ključni besedi – za dano ključno besedo vrne kanale, videe ali sezname predvajanja (angl. playlist), ki jo vsebujejo v naslovu ali opisu, skupaj z osnovnimi informacijami o videu, kanalu ali seznamu predvajanja; iščemo lahko glede na datum (pred določenim datumom in po njem) in glede na lokacijo (objave, ki so bile objavljene v okolici danih geografskih koordinat);
- izpis komentarjev določenega videa – za dano identifikacijsko številko videa vrne njegove komentarje skupaj z osnovnimi informacijami o avtorju komentarja, datumom objave ipd.;
- izpis podrobnejših informacij o videu – za dano identifikacijsko številko videa vrne informacije, kot so na primer podatki o kanalu, na katerem je objavljen video, lokacija objave, statistike, kot so število ogledov, všečkov, komentarjev ipd.

2.4 Tumblr

Tumblr je spletno družbeno omrežje, ki ponuja storitev mikrobloganja. Njegov API (Tumblr API, 2018) omogoča dostop do podatkov prek zahtevkov HTTP ali knjižnic v programskih jezikih Javascript, Ruby, Python, PHP, Java, C in Go. Do podatkov lahko dostopamo z veljavnim žetonom za dostop, omejitve pa niso točno specificirane in se spreminjajo glede na želene zahteve uporabnika API-ja.

Prek API-ja so dostopne te metode:

- iskanje objav po ključni besedi – za dano ključno besedo vrne objave, ki jo vsebujejo, skupaj z osnovnimi informacijami o blogu (blog je v tem primeru definiran kot uporabnik), v katerem je bila objava objavljena; iščemo lahko pred danim datumom ali po njem;

- izpis podrobnejših informacij o blogu – za dano identifikacijsko številko bloga vrne njegove osnovne informacije, kot so na primer ime, opis in število vseh objav bloga;
- izpis vseh objav bloga – za dano identifikacijsko številko bloga vrne njegove objave.

2.5 Facebook

Facebook je spletno družbeno omrežje, namenjeno komuniciranju, razvedrilu in vzpostavljanju družbenih odnosov. Glavni namen Facebookovega API-ja (Facebook API, 2018) je pomoč pri razvoju aplikacij za uporabnike omrežja. Vmesnik API sestavljajo oglasni (angl. ads), kreditni (angl. credits), klepetni (angl. chat) in omrežni (angl. graph) API-ji. Zadnji je namenjen pridobivanju podatkov tudi v raziskovalne namene. V času zbiranja podatkov za analizo (oktober 2018) je bil omrežni API dostopen prek zahtevka HTTP ali prek knjižnic različnih programskih jezikov. Javno dostopni so bili podatki o dogodkih, skupinah in straneh ter javnih objavah in komentarjih na straneh, ki so bile odprte za javnost (angl. open). Z aprilom 2018 so pri Facebooku zaostriili dostop do podatkov, tako dostop do objav v skupinah, dogodkih in straneh ni več mogoč, za dostop do nekaterih informacij pa je treba pridobiti posebna dovoljenja. Zato opozarjamo, da rezultate analize podatkov iz Facebooka v članku objavljamo, podobnih podatkov pa se ne da več pridobiti.

Do podatkov se je dostopalo z veljavnim žetonom za dostop; obstajajo štirje različni – za spreminjanje uporabnikovih osebnih podatkov, spreminjanje aplikacij, urejanje strani ter identifikacijo pri uporabi aplikacij.

Tabela 1: Možnosti posameznih API-jev

Družbeni medij	Iskanje po objavah	Izpis podatkov in komentarjev objave	Iskanje po lokaciji (koordinate)	Iskanje po datumu	Iskanje uporabnikov
Twitter	✓	Izpis podatkov o objavi	✓	✓	✓
Google+	✓	✓	✗	✗	✓
YouTube	✓	✓	✓	✓	✗
Tumblr	✓	✗	✗	✓	✗

3 ANALIZA IN RAZPRAVA

Za namene raziskave smo iz družbenih medijev pridobili podatke o več ključnih besedah, ki se v medijih (npr. na spletu, v novicah) pojavljajo različno pogosto. Glede na tematiko smo razdelili izbrane ključne besede v šest skupin; prve tri skupine vsebujejo športnike, politike in znane osebnosti, druge tri skupine pa blagovne znamke, novice in dogodke. V vsaki izmed skupin smo izbrali tri ključne besede – eno poznano v svetu (globalna), drugo popularno v Evropi in Ameriki (Evropa & ZDA) ter tretjo poznano v Sloveniji (lokalna). Ključne besede smo v vsako skupino izbrali glede na to, koliko imajo zadetkov v iskalniku Google na posameznem družbenem mediju (za vsako ključno besedo smo sešteli število zadetkov v Googlu na straneh Facebook, Twitter, YouTube, Google+, Tumblr). Ključne besede iz globalne skupine imajo 7,7–12,5 milijona zadetkov, iz skupine Evropa&ZDA 2,5–4,3 milijona zadetkov ter iz lokalne skupine manj kot 50.000 zadetkov. S pomočjo API-jev smo iskali objave, ki vsebujejo samo izbrane ključne besede, ne pa njihovih sinonimov, izpeljank, sklanjatev ipd. Vse izbrane ključne besede z osnovnimi podatki so predstavljene v tabeli 2.

Števila v oklepajih označujejo število zadetkov v iskalniku Google za posamezne ključne besede. Krajšavi K in M pomenita 10^3 in 10^6 .

V naslednjih razdelkih predstavljamo rezultate analize podatkov iz družbenih medijev, zbranih med 14. 11. in 31. 12. 2017. Izbrani družbeni mediji in opis

ključnih besed so predstavljeni v prejšnjem razdelku. Poudarek analize je na razlikah med skupinami ključnih besed ter opazovanju, kako se razlikuje obnašanje uporabnikov med posameznimi družbenimi mediji.

Analizo smo opravili v treh delih.

- Doseg in aktivnost.** Doseg ključne besede označuje število ljudi, ki jih je dosegla določena objava (izračunamo ga kot vsoto sledilcev lastnika objave na Twitterju, število ogledov posnetka na YouTubeu ter število všečkov strani, na kateri je objavljena objava, na Facebooku). Aktivnost ključne besede pomeni število aktivnosti objave, kar je seštevek všečkov, komentarjev ali delitev objave na vseh družbenih medijih.
- Osnovna statistika.** Za vsako ključno besedo smo izračunali statistike, kot so število uporabnikov, objav in komentarjev, dobljenih v izbranem časovnem obdobju.
- Jezikovna analiza in analiza sentimenta objav ter identifikacija spola uporabnikov objav.** Za vsako objavo smo določili jezik, sentiment in spol uporabnika.

A. Doseg in aktivnost

Dosegi in aktivnosti objav z izbranimi ključnimi besedami so predstavljeni v tabeli 3. Med globalnimi ključnimi besedami ima največji doseg Cristiano Ronaldo, največjo aktivnost pa Rihanna. Večjo aktivnost kot doseg ima samo Rihanna, kar nakazuje, da o pev-

Tabela 2: Ključne besede, uporabljene v analizi

	Globalne	Evropa & ZDA	Lokalne (Slovenija)
Šport	Cristiano Ronaldo Nogometaš (7,7 M)	Usain Bolt Atlet, sprinter (2,5 M)	Anže Kopitar Hokejist (49,4 K)
Politika	Hillary Clinton Političarka v ZDA (7,9 M)	Arnold Schwarzenegger Igralec in politik (2,9 M)	Miro Cerar Bivši predsednik vlade (36,2 K)
Znane osebnosti	Rihanna Pevka (11,7 M)	Melania Trump Prva dama ZDA (2,4 M)	Jan Plestenjak Pevec (37,3 K)
Znamke	Adidas Športna oblačila (12,5 M)	Motorola Telekomunikacijsko podjetje (3,0 M)	Alples Pohištveno podjetje (25,4 K)
Topic	Pokemon Go Resničnostna igra (9,5 M)	Brexit Izstop Velike Britanije iz Evropske unije (4,3 M)	Drugi tir Referendum za gradnjo novega tira (24,2 K)
Dogodki	Dirka po Franciji Kolesarska dirka (9,7 M)	Oktoberfest Nemški festival (3,1 M)	Odrpna kuhna Kulinarična tržnica (37,3 K)

ki objavljajo aktivni uporabniki, ki o njej veliko pišejo in berejo. V skupini Evropa & ZDA ter med lokalnimi ključnimi besedami, imata Brexit in Anže Kopitar največji doseg in aktivnost. Z izjemo ključne besede Brexit, doseg in aktivnost ključnih besed ustrezata številu zadetkov v iskalniku Google – ključne besede z največ zadetki imajo tudi največji doseg in aktivnost. V splošnem pa iz rezultatov dosega in aktivnosti ne moremo narediti drugih sklepov glede razlik med ključnimi besedami oziroma skupinami ključnih besed.

Tabela 3: Doseg in aktivnost ključnih besed

Ključna beseda	Doseg	Aktivnost
Cristiano Ronaldo	39.580 M	4.561 M
Usain Bolt	870 M	736 M
Anže Kopitar	55 M	500 K
Hillary Clinton	23.952 M	17.050 M
Arnold Schwarzenegger	771 M	248 M
Miro Cerar	16 M	50 K
Rihanna	22.026 M	50.043 M
Melania Trump	8.431 M	1.364 M
Jan Plestenjak	101 K	38
Adidas	20.003 M	7.300 M
Motorola	13.972	183 M
Alples	20 K	7
Pokemon go	2.902 M	465 M
Brexit	61.858 M	5.404 M
Drugi tir	923 K	2 K
Dirka po Franciji	824 M	55 M
Oktoberfest	87 M	1 M
Odprta kuhna	112	16

Krajšavi K in M pomenita 10^3 in 10^6 .

B. Osnovne statistike

V tabeli 4 so predstavljeni rezultati osnovnih statistik za ključne besede število objav, uporabnikov in komentarjev, ki so bili pridobljeni iz družbenih medijev za posamezne ključne besede. Pri interpretaciji rezultatov je treba upoštevati, da Tumblr API ne omogoča pridobivanja komentarjev objav, iz Facebookovega API-ja pa niso dosegljivi podatki o uporabniku, ki je objavil neko objavo.

Rezultati pokažejo, da uporabniki na Twitterju več objavljajo, saj ima Twitter največje skupno število objav (zadnji dve vrstici tabele 4). Po drugi strani na Facebooku uporabniki raje komentirajo. To potrjujejo rezultati razmerja med objavami in komentarji. Razmerje je večje kot 1 v primeru Facebooka in YouTubea,

kar pomeni, da na obeh družbenih medijih uporabniki raje komentirajo. Drugače pa je na Twitterju in Google+, na katerih raje objavljajo kot komentirajo (razmerje je manjše kot 1). Razmerje med objavami in uporabniki je večje kot 1 le v primeru YouTubea, kar nakazuje aktivnost manjšega števila uporabnikov pri objavljanju in komentiranju. Na drugih omrežjih pa je bolj aktivnih več različnih uporabnikov.

Iz rezultatov glede na skupine ključnih besed po tematiki (zadnji stolpec tabele 4), opazimo, da uporabniki na vseh medijih največ objavljajo o aktualnih novicah. Prav tako je veliko objavljenega o znanih osebnostih in politikih, najmanj pa o dogodkih. Z izjemo ključne besede Brexit vse druge ključne besede po številu objav sledijo enakemu vrstnemu redu, kot je vrstni red po številu zadetkov na iskalniku Google (glej tabelo 2).

Na Facebooku uporabniki najraje objavljajo o znanih osebnostih in športnikih. Tudi ključne besede iz skupine blagovnih znamk imajo veliko število objav, kar lahko pripišemo popularnosti oglaševanja na Facebooku. Tej domnevi ustreza tudi manjše število komentarjev teh objav. Na Twitterju in YouTubeu uporabniki najraje objavljajo o aktualnih novicah in znanih osebnostih, na Google+ o politikih, na Tumblrju pa je največ objav v zvezi z blagovnimi znamkami in znanimi osebnostmi.

C. Jezikovna analiza, sentiment in identifikacija spola

V zadnjem delu analize smo raziskali še jezik in sentiment objav ter spol uporabnikov objav. Za identifikacijo jezika smo uporabili Googlovo knjižnico za programski jezik Python (Langdetect, 2018). Rezultate prikazujemo za šest najpogostejših jezikov in slovenščino. Za sentiment in identifikacijo spola smo uporabili naivni Bayesov klasifikator in klasificirali vsako objavo v pozitivni ali negativni razred v primeru sentimenta ter v ženski in moški spol v primeru identifikacije spola. Obe klasifikaciji delujeta po principu najpogostejših besed, uporabljenih v objavah (npr. moški uporabljajo v objavah določene besede pogosteje kot ženske, podobno negativne objave vsebujejo druge besede kot pozitivne) (Schwartz, 2013), klasifikator se uči na obstoječi bazi objav z znanim sentimentom in spolom uporabnika.

Rezultati analize so predstavljeni v tabeli 5. Izkazalo se je, da je algoritem za določanje jezika objav določil jezik več kot 75 odstotkom objav na Google+, Tumblrju in YouTubeu. Odstotek je veliko manjši za

Tabela 4: Osnovne statistike ključnih besedi: število objav, uporabnikov in komentarjev, dobljenih za posamezne ključne besede v analiziranih družbenih medijih

Ključna beseda	Facebook		Twitter		Google+		Tumblr		YouTube		Skupna vsota				
	Objave	Uporabniki	Komentarji	Objave	Uporabniki	Komentarji	Objave	Uporabniki	Objave	Uporabniki					
Cristiano Ronaldo	120.821	163.941	480.663	1.810.987	638.202	35.628	5.074	2.913	2.277	2.284	454	15.570	119.069	161.780	3.559 K
Usain Bolt															
Anže Kopitar															
Hillary Clinton															
A. Schwarzenegger	21.260	27.813	96.559	3.767.288	702.988	159.548	10.433	7.172	14.333	1.923	785	13.497	54.389	113.674	4.992 K
Miro Cerar															
Rihanna															
Melania Trump	331.091	163.379	1.520.378	3.996.206	1.526.960	155.653	11.617	7.185	7.868	6.950	2.393	19.379	48.591	62.390	7.859 K
Jan Plestenjak															
Adidas															
Motorola	193.412	85.021	394.521	1.829.267	790.94	143.101	7.872	6.959	8.154	7.772	3.447	18.075	87.907	111.391	3.686 K
Alpes															
Pokemon go															
Brexit	99.217	97.011	416.955	7.090.994	1.011.360	636.486	11.400	7.703	8.952	4.801	1.668	25.852	131.844	332.921	9.876 K
Drugi tir															
Dirka po Franciji															
Oktoberfest	15.029	24.278	34.833	77.579	50.876	7.002	930	823	654	286	100	3.400	4.184	2.731	222 K
Odprta kuhna															
Skupna vsota	780 K	561 K	2.943 K	18.572 K	4.721 K	1.137 K	47 K	32 K	42 K	24 K	9 K	96 K	446 K	785 K	30.199 K
Razmerje	0,72	0,72	3,77	0,25	0,25	0,06	0,69	0,69	0,89	0,37	0,37	4,65	4,65	8,18	3.559 K

Krajšavi K in M pomenita 10³ in 10⁶.

Twitter (26,8 %) in Facebook (41,4 %). Za vse družbene medije velja, da je prek 73 odstotkov objav napisanih v angleščini. Drugi najpogostejši jezik je španščina na Facebooku in Tumblrju, portugalščina na Twitterju in nemščina na Google+ in YouTube.

Rezultati analize sentimenta pokažejo, da je tudi sentiment v najmanjšem odstotku določljiv objavam na Facebooku in Twitterju (manj kot 32 %). V drugih družbenih medijih je odstotek večji, prek 50 odstotkov. Večina objav v vseh medijih je negativnih, največ od tega na Twitterju, najmanj pa na Tumblrju.

Največjemu odstotku objav je spol uporabnika določljiv na Google+ (več kot 80 %), najmanj pa na Twitterju (manj kot 27 %). Sicer večino objav objavljajo uporabniki moškega spola, najnižji odstotek moških uporabnikov pa je na Twitterju (tam je 25 % ženskih uporabnic).

V splošnem so objave na Twitterju in tudi Facebooku najmanj primerne za analizo jezika, sentimenta in spola. Vse troje smo lahko določili manj kot 42 odstotkom objav na Facebooku in manj kot 27 odstotkom objav na Twitterju. Za druge medije je delež večji kot 56 odstotkov. Skupna vsem družbenim medijem je angleščina kot večinski jezik objav (več kot 73 %). Prav tako je večina objav v vseh medijih negativnih (med 50 in 70 %); večino objav so napisali moški uporabniki (74–90 %). Glede na vse rezultate ugotavljamo, da v primeru uporabe podatkov samo iz enega medija lahko pridemo do zavajajočih ugotovitev pri analizi jezika, sentimenta in spola objav.

4 SKLEP

V prispevku se ukvarjamo z analizo podatkov iz različnih družbenih medijev ter njihovo uporabnostjo v raziskovalne namene. Za izbrane ključne besede z različnih področij, kot so šport, politika in dogodki, smo raziskali, kako pogosto se pojavljajo v petih medijih (Twitter, Facebook, Google+, Tumblr in YouTube). Družbene medije smo primerjali med seboj glede na doseg in aktivnost ključnih besed ter jezik in sentiment objav.

V raziskavi uporabljene ključne besede smo izbrali glede na število zadetkov v iskalniku Google. Rezultati analize so pokazali, da so ključne besede z največ zadetki tudi v družbenih medijih uporabljene v največ objavah. Izkazalo se je, da je Twitter najprijateljnejši medij glede na analizirano statistiko, naslednji za njim je Facebook. Razlike med mediji opazimo pri načinu objavljanja – na Twitterju uporabniki

več objavljajo, na Facebooku pa raje komentirajo objave. Pri opazovanju statistike objav glede na ključne besede opazimo, da uporabniki vseh medijev najraje govorijo o znanih osebnostih in politikih, prav tako so popularne trenutno aktualne teme, kot je na primer Brexit. V zadnjem delu analize smo analizirali še jezik in sentiment objav ter spol uporabnikov objav. Izkazalo se je, da ima Twitter največji delež negativnih objav ter skupaj s Facebookom najnižji delež uporabnic. Skupni vsem medijem so večinski jezik angleščina, večji delež negativnih kot pozitivnih objav ter večinski delež moških uporabnikov.

Tabela 5: Rezultati analize jezika in sentimenta objav ter identifikacije spola uporabnikov objav

	Facebook	Twitter	Google+	Tumblr	YouTube
Vseh objav	780.830	1.870.565	48.668	23.916	95.953
Objave z jezikom	322.046	5.004.991	42.003	18.262	72.199
Nemški	7.841	110.924	372	431	4.654
Angleški	146.555	4.482.096	39.337	13.475	53.879
Španski	12.966	123.941	91	563	1.905
Francoski	4.074	46.899	18	29	84
Italijanski	3.690	67.186	164	279	2.149
Portugalski	6.642	176.578	185	455	2.230
Slovenski	674	11.866	99	42	1.175
Objave s sentimentom	147.229	4.093.965	39.436	13.517	55.054
Pozitivne	161.528	3.128.212	24.443	6.870	33.410
Negativne	85.699	1.365.753	14.993	6.647	21.644
Objave s spolom	247.220	4.980.829	40.184	14.345	61.902
Ženski	53.090	1.264.623	4.977	2.699	6.417
Moški	194.149	376.206	35.207	11.646	55.485
	41,2 %	26,8 %	86,3 %	76,4 %	75,2 %
	2,4 %	2,2 %	0,9 %	2,4 %	6,4 %
	76,6 %	89,6 %	93,7 %	73,8 %	74,6 %
	4,0 %	2,5 %	0,2 %	3,1 %	2,6 %
	1,3 %	0,9 %	0,0 %	0,2 %	0,1 %
	1,1 %	1,3 %	0,4 %	1,5 %	3,0 %
	2,1 %	3,5 %	0,4 %	2,5 %	3,1 %
	0,2 %	0,2 %	0,2 %	0,2 %	1,6 %
	31,7 %	24,0 %	81,0 %	56,5 %	57,4 %
	65,3 %	69,6 %	62,0 %	50,8 %	60,7 %
	34,7 %	30,4 %	38,0 %	49,2 %	39,3 %
	31,7 %	26,6 %	82,6 %	60,6 %	64,5 %
	21,5 %	25,4 %	12,4 %	18,8 %	10,4 %
	78,5 %	74,6 %	87,6 %	81,2 %	89,6 %

Iz rezultatov analize se je pokazalo, da se posamezni mediji ne razlikujejo samo po priljubljenosti, temveč tudi po načinu objavljanja ter obnašanju uporabnikov. Osredotočanje na en sam medij za namene različnih raziskav lahko vodi do nepravilnih sklepov, zato je pri analizah smotrno uporabiti podatke iz več različnih medijev. Prispevek torej predstavlja ogrožje za uporabo vsebin iz družbenih medijev. Ključnega pomena pri tem je vedenje, kaj lahko iz katerega medija pridobimo ter kakšni so interesi uporabnikov posameznega družbenega medija. V prispevku prikazujemo primer pridobivanja podatkov in njihovo analizo za različne ravni in domene, kar lahko služi kot vodilo pri analizah na novih področjih. Opozarjamo pa, da je pri uporabi predlaganega pristopa pomembno upoštevati tudi dejstvo, da se tip uporabnikov, vsebina in funkcionalnosti družbenih medijev ves čas spreminjajo. V nadaljnjih raziskavah se bomo osredotočili na obnašanje uporabnikov pri objavljanju v različnih družbenih medijih. Raziskali bomo, ali med mediji obstajajo skupni vzorci, kdaj uporabniki objavljajo največ ter ali nenadni dogodki spreminijo te vzorce obnašanja.

5 VIRI IN LITERATURA

- [1] Anantharam, P., Barnaghi, P., Thirunarayan, K. in Sheth, A. (2015). Extracting city traffic events from social streams. *ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology (TIST)*, 6(4), 43.
- [2] Aramaki, E., Maskawa, S. in Morita, M. (2011). Twitter catches the flu: detecting influenza epidemics using Twitter. V *Proceedings of the conference on empirical methods in natural language processing* (str. 1568–1576). Association for Computational Linguistics.
- [3] Bourlai, E. in Herring, S. C. (2014, junij). Multimodal communication on Tumblr: I have so many feels! V: *Proceedings of the 2014 ACM conference on Web science* (str. 171–175). ACM.
- [4] Facebook API. Objavljeno na <https://developers.facebook.com/> (zadnji ogled februarja 2018).
- [5] Felt, M. (2016). Social media and the social sciences: How researchers employ Big Data analytics. *Big Data & Society*, 3(1), 2053951716645828.
- [6] Figueiredo, F., Benevenuto, F., in Almeida, J. M. (2011, februar). The tube over time: characterizing popularity growth of YouTube videos. In *Proceedings of the fourth ACM international conference on Web search and data mining* (str. 745–754). ACM.
- [7] Google+ API. Objavljeno na <https://developers.google.com/+/> (zadnji ogled februarja 2018).
- [8] Gundecha, P. in Liu, H. (2012). Mining social media: a brief introduction. *Tutorials in Operations Research*, 1(4), 1–17.
- [9] Kaplan, A. M., in Haenlein, M. (2010). Users of the world, unite! The challenges and opportunities of Social Media. *Business horizons*, 53(1), 59–68.
- [10] Langdetect. Objavljeno na <https://pypi.python.org/pypi/langdetect/> (zadnji ogled februarja 2018).
- [11] Lomborg, S. in Bechmann, A. (2014). Using APIs for data collection on social media. *The Information Society*, 30(4), 256–265.
- [12] Lotan, G., Graeff, E., Ananny, M., Gaffney, D. in Pearce, I. (2011). The Arab Spring| the revolutions were tweeted: Information flows during the 2011 Tunisian and Egyptian revolutions. *International journal of communication*, 5, 31.
- [13] Moore, K. in McElroy, J. C. (2012). The influence of personality on Facebook usage, wall postings, and regret. *Computers in Human Behavior*, 28(1), 267–274.
- [14] Naaman, M., Boase, J. in Lai, C. H. (2010, februar). Is it really about me?: message content in social awareness streams. In *Proceedings of the 2010 ACM conference on Computer supported cooperative work* (str. 189–192). ACM.
- [15] Osborne, M. in Dredze, M. (2013). Facebook, Twitter and Google Plus for breaking news: Is there a winner? V: *ICWSM*.
- [16] Petrovic, S., Osborne, M., McCreddie, R., Macdonald, C., Ounis, I. in Shrimpton, L. (2013). Can twitter replace newswire for breaking news? V: *ICWSM*.
- [17] Reuter, C. in Scholl, S. (2014). Technical Limitations for Designing Applications for Social Media. V: *Mensch & Computer Workshopband* (str. 131–139).
- [18] Ruths, D. in Pfeffer, J. (2014). Social media for large studies of behavior. *Science*, 346(6213), 1063–1064.
- [19] Sakaki, T., Okazaki, M. in Matsuo, Y. (2010). Earthquake shakes Twitter users: real-time event detection by social sensors. V: *Proceedings of the 19th international conference on World wide web* (str. 851–860). ACM.
- [20] Schäfer, M. T. in van Es, K. (2017). *The datafied society: Studying culture through data*. Amsterdam University Press.
- [21] Schwartz, H. A., Eichstaedt, J. C., Kern, M. L., Dziurzynski, L., Ramones, S. M., Agrawal, M. in Ungar, L. H. (2013). Personality, gender, and age in the language of social media: The open-vocabulary approach. *PloS one*, 8(9), e73791.
- [22] Siersdorfer, S., Chelaru, S., Nejd, W. in San Pedro, J. (2010). How useful are your comments?: analyzing and predicting YouTube comments and comment ratings. V: *Proceedings of the 19th international conference on World wide web* (str. 891–900). ACM.
- [23] Statista: Number of daily active Facebook users worldwide as of 3rd quarter 2018 (in millions). Objavljeno na <https://www.statista.com/statistics/346167/facebook-global-dau/> (zadnji ogled decembra 2018).
- [24] Tufekci, Z. (2014). Big Questions for Social Media Big Data: Representativeness, Validity and Other Methodological Pitfalls. *ICWSM*, 14, 505–514.
- [24] Tumblr API. Objavljeno na <https://www.tumblr.com/docs/en/api/v2> (zadnji ogled februarja 2018).
- [25] Tumblr API. Objavljeno na <https://developer.twitter.com/en/docs> (zadnji ogled februarja 2018).
- [26] Xu, J., Lu, T. C., Compton, R. in Allen, D. (2014, april). Civil unrest prediction: A tumblr-based exploration. V: *International Conference on Social Computing, Behavioral-Cultural Modeling, and Prediction* (str. 403–411). Springer, Cham.
- [27] YouTube API. Objavljeno na <https://developers.google.com/youtube/> (zadnji ogled februarja 2018).
- [28] Zimmer, M. (2010). »But the data is already public«: on the ethics of research in Facebook. *Ethics and information technology*, 12(4), 313–325.

Neli Blagus je raziskovalka v Laboratoriju za podatkovne tehnologije na Fakulteti za računalništvo in informatiko Univerze v Ljubljani. Po opravljenem doktoratu iz področja analize omrežij se še naprej ukvarja z raziskavami na področju družbenih omrežij in rezultate redno objavlja v mednarodnih znanstvenih revijah.

■

Slavko Žitnik je docent na Fakulteti za računalništvo in informatiko Univerze v Ljubljani, kjer poučuje predmete s področja podatkovnih baz in obdelave podatkov. Raziskovalno se ukvarja z obdelavo naravnega jezika, predvsem na semantični ravni. Je predsednik Sveta za elektronske komunikacije RS, sodeluje pri organizaciji konferenc s področja informatike in pri projektih, povezanih z obdelavo podatkov na področju interneta stvari.

■

Marko Bajec je redni profesor na Fakulteti za računalništvo in informatiko Univerze v Ljubljani, kjer poučuje dodiplomske in podiplomske predmete s področja razvoja informacijskih sistemov in podatkovnih baz. Raziskovalno se ukvarja z metodami in pristopi k snovanju in razvoju informacijskih sistemov in obvladovanjem informatike ter v zadnjih letih predvsem s podatkovnimi tehnologijami za predstavitev, analizo in vizualizacijo podatkov. Leta 2009 je ustanovil Laboratorij za podatkovne tehnologije ter prevzel njegovo vodenje. Je član številnih domačih in tujih združenj, komisij in odborov. V okviru fakultete je vodil več aplikativnih in raziskovalnih projektov. Svoje raziskovalne rezultate in dosežke iz prakse redno objavlja v domačih in mednarodnih znanstvenih in strokovnih krogih.

Interaktivno platformno agnostično sledenje žarkov v realnem času s spletnimi tehnologijami

Žiga Lesar, Ciril Bohak, Matija Marolt

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za računalništvo in informatiko, Večna pot 113, 1000 Ljubljana

{ziga.lesar, ciril.bohak, matija.marolt}@fri.uni-lj.si

Izvleček

Metoda sledenja potem je trenutni de facto standard za fotorealistično upodabljanje 3D prostorov zaradi svoje konceptualne in algoritmične enostavnosti. V zadnjih letih je bila uspešno uporabljena za upodabljanje prosojnih medijev in volumetričnih podatkov, a se njena širša uporaba ni prijela. Večina implementacij namreč za hitrejše doseganje rezultatov cilja na specifične platforme oz. strojno opremo, zato so posledično manj razširljive in zahtevnejše za namestitve. Kljub temu nam nedavne izboljšave na področju spletnih tehnologij omogočajo dostop do grafične strojne opreme iz spletnega brskalnika na platformno agnostičen način. V članku je predstavljena sodobna implementacija metode sledenja potem za volumetrične podatke, razvita v programskem jeziku JavaScript in s programskim vmesnikom WebGL 2.0. Rešitev podpira uporabo poljubnih 2D prenosnih funkcij in heterogenih volumetričnih podatkov, hkrati pa je interaktivna, platformno agnostična, enostavno razširljiva ter se izvaja v realnem času tako na namiznih kot mobilnih napravah.

Ključne besede: sledenje potem, WebGL, volumetrično upodabljanje, spletne tehnologije, progresivno upodabljanje, stohastično upodabljanje.

Abstract

Interactive platform-agnostic real-time path tracing using web technologies

Path tracing is the current de facto standard for photorealistic rendering, largely due to its conceptual and algorithmic simplicity. Lately it has been successfully applied to rendering of participating media and volumetric data, but it has not received much attention. In fact, most implementations target specific platforms or hardware to achieve better performance, and are therefore less extensible and more difficult to deploy. However, modern web browsers allow access to graphics hardware in a platform-independent manner. In this work, we present a modern implementation of volume path tracing developed in JavaScript and WebGL 2.0. Our solution supports arbitrary volume data and 2D transfer functions while being interactive, platform-agnostic, easily extensible and can run on both desktop and mobile devices in real time.

Keywords: Path tracing, WebGL, volumetric rendering, web technologies, progressive rendering, stochastic rendering.

1 UVOD

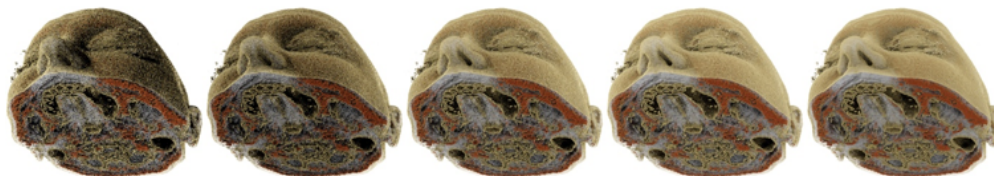
Metode neposrednega volumetričnega upodabljanja (angl. *direct volume rendering, DVR*) in sledenja žarkom so se od svojega spočetja v osemdesetih letih (Kajiya, 1986; Levoy, 1990) precej razvile. Prvotne sheme upodabljanja, kot sta projekcija največje intenzitete (angl. *maximum intensity projection, MIP*) in emisijsko-absorpcijski model (angl. *emission-absorption model, EAM*), so bile deležne številnih izboljšav, razširitev in prilagoditev za izvajanje na grafični strojni opremi. Večina teh izboljšav cilja na boljšo vizualno podobo s simuliranjem določenih učinkov globalne osvetlitve, npr. sipanje žarkov in ambientno zastiranje. Predlagani so

bili tudi modeli za simuliranje sistemov leč kamere, ki nam omogočajo nastavljanje ekspozicije in globinske ostrine (Barsky et al., 2003; Kolb et al., 1995). Tovrstni učinki bistveno prispevajo k dojetju velikosti, globine in oblik predmetov v 3D prostoru, zato je veliko raziskovalne dejavnosti usmerjene v izboljšavo njihove kakovosti in računske učinkovitosti. Predlagane so bile številne aproksimacijske rešitve, na primer lokalne metode in računanje v koordinatnem sistemu zaslona, toda visokokakovostno upodabljanje je neizogibno računsko zahtevno. Večina sodobnih implementacij izkorišča grafično strojno opremo za vzporedno izvajanje operacij, toda specifične strojne opreme in popolnoma

drugačen programski model silijo razvoj metod k upoštevanju številnih omejitev, kar posledično privede do rešitev, ki delujejo le v določenem okolju, npr. na določeni platformi, s konstantno prenosno funkcijo ali s statično osvetljavo.

Poleg tega ne moremo uporabiti običajnih metod za upodabljanje neprosojnih materialov, saj tega inherentno ne podpirajo, ali pa jih moramo močno prilagoditi (npr. prilagoditev dvosmernega slede-

nja poti, kot ga predstavljata Lafortune in Willems, 1996). Prilagoditve so pogosto računsko prezahtevne. Splošni pristop za upodabljanje tako neprosojnih kot prosojnih materialov uporablja stohastične metode, ki najprej izračunajo sliko nižje kakovosti, nato pa to sliko skozi čas izboljšujejo. Družina takih metod se imenuje sledenje žarkom Monte Carlo (angl. Monte Carlo ray tracing, MCRT).



Slika 1: Prikaz progresivnega izboljševanja izrisa

Metoda MCRT je že dolgo de facto standard za fotorealistično upodabljanje, saj jo enostavno formuliramo, implementiramo in paraleliziramo. Če jo združimo s fizikalno osnovanim prenosom svetlobe, lahko progresivno simuliramo tudi obnašanje svetlobe v prosojnih medijih, kar privede do interaktivne rešitve in realističnih upodobitev. Obstajajo številne implementacije, ki so prilagojene za izvajanje na grafični strojni opremi in z omenjenimi omejitvami predstavljene v Davidovič et al. (2014), Hachisuka et al. (2015), Hadwiger et al. (2006) in Kroes et al. (2012).

Zahvaljujoč sodobnemu napredku na področjih grafične strojne opreme in spletnih tehnologij lahko dandanes razvijamo kompleksne grafične aplikacije, ki se izvajajo v spletnem brskalniku. Sodobni prispevki s področja volumetričnega upodabljanja temu trendu ne sledijo in se v veliki meri osredotočajo le na metodologijo, ne pa na samo implementacijo, kar privede do različnih oblik platformne odvisnosti. Primeri obsegajo uporabo Microsoftovega programskega vmesnika DirectX za dostop do grafične strojne opreme (ki deluje le na Microsoftovih platformah) ali uporabo tehnologije Nvidia CUDA za paralelizacijo (ki deluje le na grafičnih karticah Nvidia). Kljub temu da so te tehnologije močno podprte in v široki uporabi, je v mnogih primerih nesmiselno omejiti rešitve na določene platforme ali strojno opremo predvsem z vidikov dostopnosti in vzdrževanja. Spletne tehnologije nam po drugi strani omogočajo primerljive računske zmožnosti na platformno agnostičen način, npr. s programskim vmesnikom WebGL za zahtevnejše grafične aplikacije.

Standard WebGL so od njegovega nastanka leta 2011 sprejeli mnogi programerji aplikacij in spletnih brskalnikov kot platformno agnostičen način za dostop do zmogljivosti sodobne grafične strojne opreme. Temelji na standardu OpenGL ES 2.0, ki je prirejen za delovanje na vgrajenih sistemih in mobilnih napravah. Zmogljivost standardov ES običajno sledi nekaj let za običajnimi standardi za namizne naprave, tako da je nabor funkcionalnosti glede na najsodobnejšo tehnologijo omejen. Poleg tega je programski vmesnik načrtovan z mislijo na slabše zmogljivosti vgrajenih sistemov, kar pogosto pomeni edinstvene izzive pri razvoju kompleksnih grafičnih aplikacij.

V zadnjih letih je bila v pripravi nova različica standarda, WebGL 2.0. Trenutno je podpora novega standarda privzeto vključena v večini pomembnejših spletnih brskalnikov, tako na namiznih kot na mobilnih napravah (Google Chrome 56 za namizne naprave, Google Chrome 58 za Android, Android WebView 58, Opera 43 in Mozilla Firefox 51). Nova različica standarda v primerjavi s staro prinaša nemalo dobrodošlih izboljšav, predvsem z boljšo računsko učinkovitostjo in dopolnitvami programskega vmesnika, kar olajša razvoj in interakcijo s strojno opremo. Izstopata dva omembe vredna dodatka: 3D teksture, ki so še posebno dobrodošle pri upodabljanju volumetričnih podatkov, in številni novi formati tekstur, kar nam omogoča upodabljanje v visokem dinamičnem razponu (angl. high dynamic range, HDR) brez uporabe razširitev standarda. Čeprav so formati s plavajočo vejico podprti že v osnovnem

profilu standarda, je pisanje v take teksture še vedno dostopno le prek standardne razširitve.

WebGL je že bil uporabljen za razvoj naprednih platformno agnostičnih ogrodij za upodabljanje (Hachisuka, 2015; Congote et al., 2011), toda te rešitve se osredotočajo le na upodabljanje neprosojnih materialov ali pa implementirajo le primitivne metode za volumetrično upodabljanje. Kolikor nam je znano, v času nastanka tega dela še ni obstajalo ogrodje, ki bi temeljilo na novjšem standardu WebGL 2.0.

V tem delu združujemo metodo MCRT s standardom WebGL 2.0 v platformno agnostični aplikaciji za fotorealistično upodabljanje volumetričnih podatkov. Aplikacija je zasnovana z mislijo na interaktivnost v realnem času ter omogoča neomejen nadzor uporabnika nad prenosno funkcijo, kamero in osvetlitvijo. Zgrajena je modularno, kar omogoča enostavno razširitev in prilagoditev, deluje pa na vseh namiznih in mobilnih napravah, ki podpirajo standard WebGL 2.0 z razširitvijo za pisanje v teksture v formatu s plavajočo vejico.

2 PREGLED PODROČJA

Pregledni članek (Jönsson et al., 2014) opisuje široko paleto osvetlitvenih modelov, ki se uporabljajo v sodobnih aplikacijah za upodabljanje volumetričnih podatkov. Novejša publikacija (Fong et al., 2017) je uporabljena kot referenca za najpomembnejše in najobetavnejše metode v industriji. Nedavne objave s področja neposrednega upodabljanja volumetričnih podatkov z uporabo grafične strojne opreme (Balsa Rodríguez et al., 2014; Beyer et al., 2015) omogočajo natančen vpogled v stanje tehnologije ter razkrivajo smer razvoja področja. Omenjene publikacije so bile primarni vir za delo, predstavljeno v tem besedilu.

Najzgodnejše metode za upodabljanje volumetričnih podatkov, na katerih temeljijo tudi novejši prispevki, so še vedno v široki uporabi predvsem zaradi enostavnosti implementacij ter samih algoritmov. Natančne opise in primerjave nekaterih najbolj pogostih pristopov najdemo v Max (1995). Te metode imajo številne slabosti, tako metodološke (npr. pristranskost) kot tudi zaznavne (ne ponujajo dovolj opornikov za pomoč pri zaznavanju oblik in globine). Raziskave so se dolga leta osredotočale na opornike, ki so posledica osvetlitvenih učinkov, npr. sence, in ambientnega zastiranja, saj bistveno izboljšajo uporabnikovo zaznavanje (Lindemann in Ropinski, 2011). Publikacija Lesar et al. (2015) naslavlja

isti problem v kontekstu upodabljanja volumetričnih angiografskih slik.

Najenostavnejši pristop za vpeljavo globalne osvetlitve v volumetrično upodabljanje zahteva izračun osvetlitvenega volumna, ki ga nato vzorčimo med sledenjem žarkom, kot je opisano v Behreuns in Ratering (1998). Ta tehnika je časovno in pomnilniško potratna, toda služila je kot podlaga za razvoj številnih naprednejših tehnik. Zelo popularna tehnika, izpeljana iz osvetlitvenega volumna, imenovana globoke sence in predstavljena v Lokovic in Veach (2000), je bila prilagojena za različne scenarije, vključno za uporabo v sledenju žarkom na grafični strojni opremi, kot opisujejo Hadwiger et al. (2006). Čeprav so globoke sence hiter in priročen način za upodabljanje senc v volumetričnih podatkih, je njihova glavna slabost v tem, da so primerne le za simulacijo neposredne osvetlitve z enim točkastim izvorom svetlobe.

Pogosto dobimo boljše rezultate, če namesto množice izvorov svetlobe senčenje obravnavamo kot posledico zastiranja bližnjih predmetov, kar grobo ustreza globalni osvetlitvi v lokalni okolici. Družina takih metod se imenuje ambientno zastiranje (angl. ambient occlusion, AO), vsem pa je skupna aproksimacija globalne osvetlitve z obravnavanjem lokalne okolice, kot je opisano v izvornem članku Zhukov et al. (1998). Obstajajo številne izpeljanke te metode, npr. aproksimacija v koordinatnem sistemu zaslona (angl. screen-space ambient occlusion), predstavljena v Ritschel et al. (2009), ter prilagoditve za izvajanje na grafični strojni opremi.

Opisane metode izboljšajo prostorsko predstavo z vizualnimi oporniki, ki temeljijo na globalni osvetlitvi, čeprav so ti lahko le približni. V tem delu poudarjamo pomen natančne globalne osvetlitve, kot je navedeno v Banks in Beason (2009), ki pravi, da je uporaba naprednih metod za upodabljanje volumetričnih podatkov tako rekoč nična. Kroes et al. (2012) rešuje to težavo tako, da predlaga splošno metodo, ki jo lahko enostavno integriramo v aplikacije. S tem skušajo avtorji stimulirati izboljšave na tem področju. Predstavljena rešitev dovoljuje uporabo poljubnega števila luči ter poljubne prenosne funkcije, hkrati pa poenoti obravnavo transparentnih medijev in trdnih materialov. Z enotno obravnavo se poenostavi tudi sam algoritem, kar prispeva k hitrosti izvajanja aplikacije in posledično k interaktivnosti. Simulaciji Monte Carlo v njihovem delu in aplikaciji, opisani v

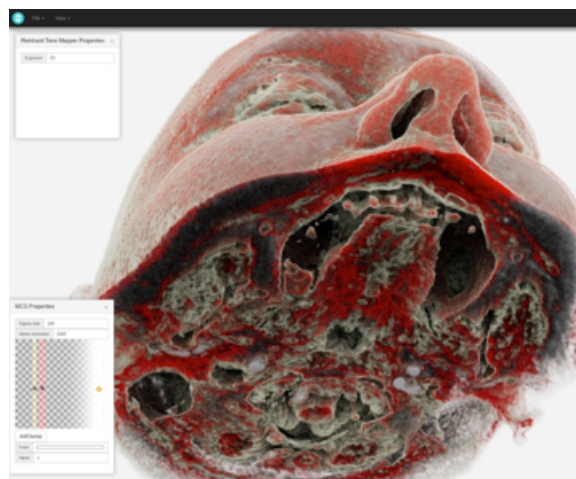
tem prispevku, uporabljata model enojnega sipanja, prepustnost medija oz. dolžina proste poti pa se vrednoti po Woodcockovi metodi. Hitrost upodabljanja je neposredno povezana s hitrostjo vrednotenja prepustnosti medija oz. dolžine proste poti, zato je Woodcockova metoda deležna tudi nadaljnjih izboljšav (Szirmay-Kalos et al., 2011; Novák et al., 2014).

Aplikacija, predstavljena v tem delu je implementirana z jezikom JavaScript in programskim vmesnikom WebGL 2.0. Nekaj poskusov implementacije metod Monte Carlo za upodabljanje volumetričnih podatkov z WebGL že obstaja. Congote et al. (2011) so pokazali, da so spletne tehnologije že dovolj zrele za realnočasovno in interaktivno upodabljanje volumetričnih podatkov. Predstavitvena aplikacija je tudi platformno agnostična. Upodabljanje na mobilnih napravah je zaradi omejitev strojne opreme precej težje, toda nekaj raziskav se je tega že lotilo. Nekatere izkoriščajo lokalno računsko moč (Mobeen in Feng, 2012; Schiewe et al., 2015), ostale pa težje izračune odložijo na strežnik (Lee in Nam, 2014). Vse implementacije temeljijo na starejšem standardu WebGL 1.0 in razširitvi za pisanje v več okvirjev, implementirajo pa vizualizacijske metode iz dela (Max, 1995), ki ne ponujajo nobenih vizualnih opornikov za lažjo prostorsko predstavo. Obstaja implementacija metode Monte Carlo z jezikom GLSL (Hachisuka, 2015). Delo opisuje rešitev, ki naj bi bila pripravljena za izvajanje v spletnih brskalnikih, toda tega avtorji niso poskusili. Čeprav je to delo dobra referenca za stohastične metode v jeziku GLSL, je upodabljalnik primeren le za izris trdnih modelov, ne pa tudi prosojnih. Obstaja tudi delujoča implementacija upodabljalnika trdnih modelov s spletnimi tehnologijami, dostopna na madebyevan.com/webgl-path-tracing.

3 METODE

V tem delu združujemo sodobne stohastične metode za upodabljanje, ki jih implementiramo v spletnih tehnologijah v obliki platformno agnostične aplikacije za interaktivno raziskovanje volumetričnih podatkov. Uporaba stohastičnega pristopa omogoča progresivno upodabljanje fotorealističnih slik v realnem času, kot je prikazano na sliki 1. Aplikacija je razvita s spletnima tehnologijama JavaScript in HTML 5, do grafične strojne opreme pa dostopa prek elementa `<canvas>` in programskega vmesnika WebGL 2.0. Zunanji knjižnici Bootstrap in jQuery sta uporabljene za razvoj grafičnega uporabniškega vmesnika, ki

deluje tako na mobilnih kot namiznih napravah. Za popoln nadzor nad učinkovitostjo izrabe grafične strojne opreme je programski vmesnik WebGL uporabljen brez zunanjih knjižnic. Slika 2 prikazuje zaslonski posnetek aplikacije na namizni napravi.



Slika 2: Prikaz delovanja razvite aplikacije v namizni različici brskalnika Google Chrome

Del aplikacije, namenjen upodabljanju, upravlja kontekst upodabljanja, kar vključuje kontekst WebGL skupaj z vsemi podatki, ki so neodvisni od kakršnih koli specifik upodabljanja, med drugim volumetrične podatke in prenosno funkcijo. Do teh podatkov dostopajo različne stopnje cevovoda upodabljanja, opisanega v naslednjem razdelku. Logika upodabljanja je razdeljena na dve zaporedni stopnji: volumetrično upodabljanje in naknadno procesiranje. Prva stopnja progresivno računa sevalnost (angl. radiance) v formatu HDR, druga pa jo pretvori v barvno informacijo v formatu LDR, primernem za izris na zaslonu. S tovrstnim modularnim pristopom je omogočeno naknadno procesiranje v več stopnjah, volumetrično upodabljanje pa lahko vrača fizikalno pravilne rezultate. Medpomnilniki prve stopnje cevovoda morajo zato hraniti podatke v formatu HDR. Poudarjamo, da osnovni standard WebGL 1.0 ne podpira tekstur v formatu s plavajočo vejico, a je ta funkcionalnost dostopna kot standardna razširitev `OES_texture_float`, ki jo lahko vključimo v času izvajanja aplikacije. WebGL 2.0 podpira formate s plavajočo vejico v osnovnem profilu, toda upodabljanje v okvir tovrstnega formata je še vedno dostopno le prek standardne razširitve `EXT_color_buffer_float`, na katero se predstavljena aplikacija

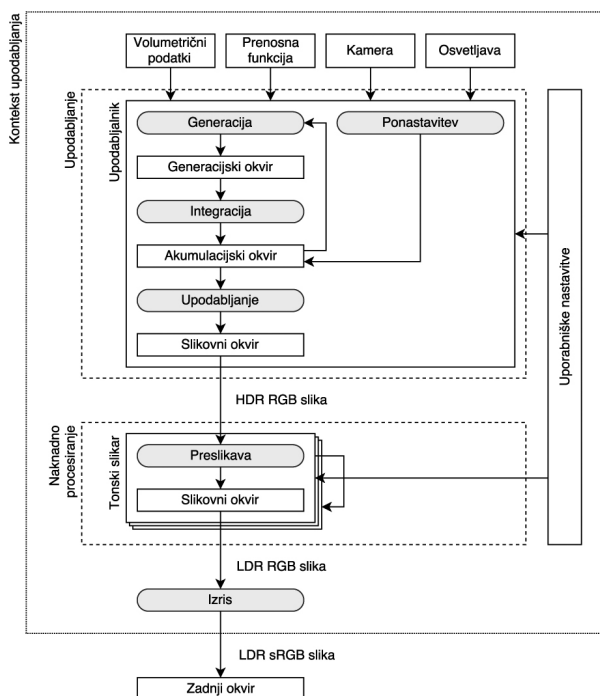
močno zanaša. Tako volumetrični podatki kot prenosna funkcija so shranjeni v formatu s plavajočo vejico v grafičnem pomnilniku.

3.1 Cevovod upodabljanja

Cevovod upodabljanja je shematično prikazan na sliki 3. Prva stopnja cevovoda je volumetrično upodabljanje, ki ga predstavlja abstraktni volumetrični upodabljalnik. Koraki volumetričnega upodabljanja so zasnovani z ozirom na interaktivnost, zato so še posebno primerni za uporabo z metodo MCRT. Proces upodabljanja progresivno izboljšuje izrisano sliko, zato ta stopnja cevovoda vključuje vzratne povezave. Druga stopnja cevovoda je naknadno procesiranje, ki je sestavljeno iz poljubnega števila zaporednih procesorskih enot. Zadnji korak naknadnega procesiranja je predstavljen z abstraktnim tonskim slikarjem, ki zmanjša dinamični razpon slike in vrne rezultat, primeren za izris na zaslonu.

Stopnjo upodabljanja sestavljajo štirje koraki:

1. generacija,
2. integracija,
3. upodabljanje,
4. (ponastavitev).

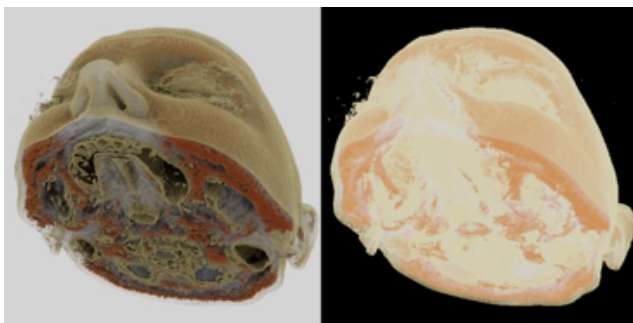


Slika 3: Cevovod za upodabljanje. Volumetrične podatke in prenosne funkcije skupaj z ostalimi parametri scene posredujemo v stopnjo za volumetrično upodabljanje, v kateri se konstruira slika v formatu HDR RGB, ki jo posredujemo v stopnjo naknadnega procesiranja za pretvorbo slike v format LDR RGB.

V vsaki iteraciji se zaporedoma izvedejo prvi trije koraki. V koraku generacije se izračuna nov približek slikovnih podatkov, ki se nato v koraku integracije skupaj s podatki, pridobljenimi v prejšnjih iteracijah, akumulira v novem, boljšem približku. Akumulirani podatki se v zadnjem koraku, koraku upodabljanja, pretvorijo v barvno informacijo slike. V koraku generacije se najprej generirajo poti svetlobnih žarkov, nato pa propagirajo skozi medij. Zaradi številnih dostopov do volumetričnih podatkov in prenosne funkcije je ta korak običajno najbolj časovno zahteven, zato mora biti skrbno implementiran, da omogoča izvajanje v realnem času. Ponastavitev upodabljalnika in akumuliranih podatkov se izvede ob spreminjanju podatkov ali parametrov, ki se uporabljajo v procesu generacije, denimo kamere, osvetljave, volumetričnih podatkov ali prenosne funkcije.

Vsak konkretni tip upodabljalnika mora implementirati vmesnik abstraktnega upodabljalnika z opisanimi koraki ter zagotoviti parametre za ustvarjanje generacijskega, akumulacijskega in slikovnega okvirja, ki se uporabljajo znotraj konteksta WebGL. Poudarimo, da je naloga programerja, ki implementira vmesnik upodabljalnika, da določi pomen in format podatkov znotraj generacijskega in akumulacijskega okvirja, podatki v slikovnem okvirju pa morajo biti barve v formatu HDR RGB, ki jih nato pošljemo naprej v stopnjo naknadnega procesiranja.

Opisani abstraktni koncept lahko uporabimo brez prilagoditev za upodabljanje največje intenzitete, emisijsko-absorpcijskega modela, nivojskih ploskev ali sledenja potem. Za projekcijo največje intenzitete denimo shranjujemo trenutne največje vrednosti v akumulacijskem okvirju, v koraku generacije pa vzorčimo volumetrične podatke le enkrat na iteracijo za vsako slikovno točko. V vsaki iteraciji integracijskega koraka nato obdržimo največjo vrednost med generacijskim in akumulacijskim okvirom. Upodabljalnik nivojskih ploskev v akumulacijskem okvirju hrani trenutno razdaljo do najbližje nivojske ploskve in njeno normalo v tej točki, v koraku upodabljanja pa te informacije uporabi za lokalno osvetlitev na način odloženega upodabljanja. Implementacija upodabljalnika MCRT v akumulacijskem okvirju hrani ocene sevalnosti za vsako slikovno točko, korak upodabljanja pa izkorišča za odstranjevanje šuma ali drugo filtriranje. Vsi omenjeni upodabljalniki so vključeni v programskem ogrodju, opisanem v tem delu.



Slika 4: **Primerjava upodobitve istih podatkov z metodo sledenja potem (levo) in emisijsko-absorpcijsko metodo (desno)**

Slika v formatu HDR RGB, ki je produkt stopnje volumetričnega upodabljanja, vstopi v stopnjo naknadnega procesiranja. Ta je sestavljena iz zaporedja korakov, vključno s tonskim slikanjem in gama korekcijo, ki proizvedejo vmesne slike. Zadnji korak te stopnje mora proizvesti sliko v formatu LDR RGB, ki se na koncu izriše na uporabnikov zaslon prek brskalnikovega elementa HTML `<canvas>`. V našem ogrodju stopnjo naknadnega procesiranja izkoriščamo za izvajanje enostavnega Reinhardovega tonskega slikarja z nastavljivo ekspozicijo.

3.2 Implementacija upodabljalnika Monte Carlo

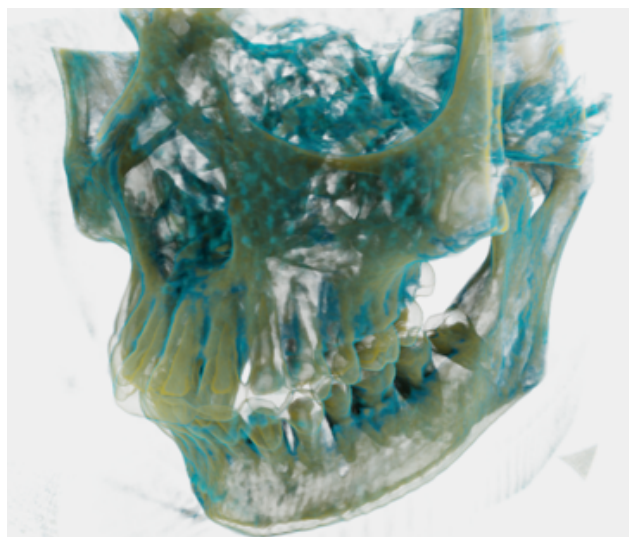
V aplikaciji, predstavljeni v tem delu, smo implementirali upodabljalnik največje intenzitete in upodabljalnik nivojskih ploskev, da lahko primerjamo njuno časovno učinkovitost in izris z upodabljalnikom MCRT. Obe implementaciji upodabljalnikov uporabljata stohastičen pristop, kot je opisano v prejšnjem razdelku. Upodabljalnik MCRT sledi istemu pristopu in je zgrajen po vzoru implementacije (Kroes et al., 2012), tako da uporablja Woodcockovo sledenje (Szirmay-Kalos et al., 2011; Woodcock et al., 1965) za izračun točke sipanja svetlobe in s tem poenostavi senčenje. V primerjavi s popularno Riemannovo vsoto je ta pristop nepristranski, poenostavi pa se tudi uporaba večkratnega prioritetnega vzorčenja (angl. multiple importance sampling, MIS) za usmerjanje smeri sipanja v izvore svetlobe.

Parametre kamere uporabimo za izračun parametrizacije žarka za vsako slikovno točko, ki nato skupaj s transformacijo volumetričnega objekta služi za izračun parametrizacijskega obsega. Žarke, ki ne sekajo volumetričnega objekta, uporabimo le za vzorčenje slike okolja. Preostali žarki se propagirajo skozi medij z metodo Woodcockovega sledenja in s tem določijo točko sipanja ter izvor svetlobe. Za oce-

no prepustnosti uporabljamo cenilko, kot opisujejo Novák et al. (2014). V tem delu smo implementirali koherentno propagacijo vseh žarkov skozi volumen, kar izboljša uporabo predpomnilnika grafične kartice, saj v vsakem koraku dostopamo do podobnih lokacij v volumnu. Če točke sipanja z Woodcockovo metodo ne najdemo, žarek potuje neovirano skozi medij, zato vzorčimo sliko okolja. V nasprotnem primeru vzorčimo fazno funkcijo, da poleg točke določimo še smer sipanja, ali pa žarek usmerimo v stohastično izbran izvor svetlobe. Od tu dalje ponovno uporabimo metodo Woodcockovega sledenja za oceno prepustnosti medija na poti od točke sipanja do izvora svetlobe. Opisani postopek konvergira k rešitvi enačbe upodabljanja z enkratnim sipanjem. Poleg tega so vsi parametri upodabljanja, vključno s položajem kamere, osvetlitvijo in prenosno funkcijo, popolnoma interaktivni in ob spremembah zahtevajo le ponastavitev cevovoda. Slika 5 prikazuje različne prenosne funkcije, interaktivno prilagojene na istih podatkih, slika 6 pa prikazuje izris s prosojnimi materiali.



Slika 5: **Uporaba različnih prenosnih funkcij pri izrisu različnih podatkov**



Slika 6: **Prikaz upodabljanja s prosojnimi materiali**

Vsa interakcija medija s svetlobo se računa v formatu s plavajočo vejico v visoki ločljivosti, kar v senčnikih omogočimo z direktivo `precision highp float`. Rezultati se shranjujejo v okvirjih v formatu s plavajočo vejico, kar omogočimo prek standardne razširitve `EXT_color_buffer_float`, kar nam omogoča neposredno hranjenje sevalnosti brez opaznih numeričnih napak pri izgubi natančnosti. Iz istega razloga sta v takem formatu shranjeni tudi prenosna funkcija in slika okolja.

Slika volumetričnega upodabljalnika, ki je sestavljena iz ocen sevalnosti za vse slikovne točke, nato vstopa v stopnjo naknadnega procesiranja, v kateri se prilagodi za boljše zaznavo ter izris na zaslonu.

3.3 Naknadno procesiranje

Programsko ogrodje dovoljuje poljubno število korakov naknadnega procesiranja, ki sliko volumetričnega upodabljalnika preoblikujejo na poljuben način in s tem izboljšajo zaznavanje. Vhod te stopnje cevovoda je izhod stopnje volumetričnega upodabljanja, torej slika v formatu HDR RGB. Koraki te stopnje hranijo vmesne rezultate v poljubnem formatu, toda zadnji korak mora vedno ustvariti sliko v formatu LDR RGB, primerno za izris na zaslonu. V tej stopnji lahko izvajamo tudi različno filtriranje, denimo odstranjevanje šuma, ki pomaga pri konvergenci končne slike. V trenutni implementaciji cevovoda uporabljamo tonsko slikanje po metodi Reinhard et al. (2002), da zmanjšamo dinamični razpon slike. Metoda, opisana v Kroes et al. (2012), uporablja še dodaten korak za gama korekcijo.

4 VREDNOTENJE IN REZULTATI

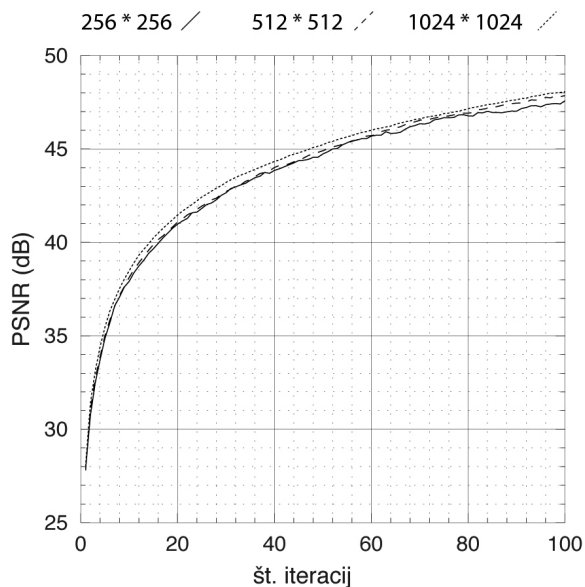
Aplikacijo, opisano v tem delu (dostopno na <https://github.com/terier/vpt>), smo ovrednotili z ozirom na podporo brskalnikov, hitrost konvergence ter hitrost izvajanja. V tem delu se ne ukvarjamo s pretakanjem podatkov prek omrežja ali iz sekundarne shrambe, zato smo ob merjenju hitrosti izrisa vse podatke v celoti hranili v grafičnem pomnilniku. Aplikacijo smo ovrednotili na dveh različnih napravah: na prenosnem računalniku z integrirano grafično kartico Intel HD graphics 530 (z računsko močjo 403,2 GFLOPS) in na pametnem telefonu s čipom Adreno 430 (z računsko močjo 388,8 GFLOPS).

4.1 Podpora spletnih brskalnikov

Podpore smo analizirali s pomočjo statističnih podatkov s spletne strani <https://www.webglstats.com>, ki zbira podatke o implementacijah standardov WebGL na uporabniških napravah z različnih spletnih strani. Standard WebGL 1.0 je v času pisanja tega dela podprt na 98 odstotkih naprav, medtem ko je WebGL 2.0 podprt na 68 odstotkih naprav. Poleg podpore standarda smo preverili še podporo dveh standardnih razširitev, potrebnih za delovanje aplikacije: `EXT_color_buffer_float` za hranjenje slik v formatu s plavajočo vejico, ki je podprta na 93 odstotkih naprav, ter `WEBGL_lose_context` za zaznavanje izgube ali ukinitve konteksta WebGL s strani spletnega brskalnika, ki je podprta na 93 odstotkih naprav. Za merjenje hitrosti izvajanja enega prehoda cevovoda standard WebGL 2.0 ponuja razširitev `EXT_disjoint_timer_query_webgl2`, ki je na voljo na 8 odstotkih naprav, toda v našem primeru je nismo mogli uporabiti, saj je izbrane naprave ne podpirajo. Kot alternativo smo uporabili kombinacijo funkcij `performance.now()` in `gl.finish()`.

4.2 Hitrost konvergence

Hitrost konvergence naše implementacije smo ovrednotili z izračunom največjega razmerja signal – šum (angl. peak signal-to-noise ratio, PSNR) za okvirje različnih velikosti v odvisnosti od števila iteracij cevovoda. Uporabili smo tri različne velikosti okvirja: 256×256 , 512×512 in 1024×1024 , vse na volumetričnih podatkih dimenzij $128 \times 128 \times 128$. Pri vseh volumnih smo uporabili izotropno fazno funkcijo. Za potrebe izračuna vrednosti PSNR smo kot referenčno sliko uporabili rezultat po 1000 iteracijah cevovoda. Rezultati so prikazani na sliki 6. Zaradi velikega števila slikovnih pik so vrednosti PSNR primerljive med različnimi velikostmi okvirja. Velikost okvirja neposredno vpliva na čas izvajanja posamezne iteracije, toda ne na hitrost konvergence. Vrednosti PSNR zaradi lokalnosti izračuna ne moremo uporabiti za vrednotenje prostorske natančnosti slike. S slike je razvidno, da metoda konvergira hitro in ustvari prepoznavno sliko v 20 do 30 iteracijah, kot posledica metode Monte Carlo pa so donosi vedno manjši, s teoretično hitrostjo konvergence $O(n^{-\frac{1}{2}})$.



Slika 7: PSNR vrednosti, odvisne od števila iteracij za različne velikosti slikovnega medpomnilnika: 256 × 256 (polna črta), 512 × 512 (črtkana črta) in 1024 × 1024 (pikčasta črta) za velikosti volumna 128 × 128 × 128

4.3 Hitrost upodabljanja

Iterativna izvedba cevovoda temelji na funkciji spletnega brskalnika `requestAnimationFrame`, ki je sinhronizirana na frekvenco osveževanja zaslona, torej v običajnih okoliščinah 60 iteracij na sekundo. Omejitev smo se izognili s prilagajanjem senčilnikov, da smo lahko znotraj enega prehoda cevovoda izračunali več iteracij. Po drugi strani se ne moremo izogniti blokiranju glavne niti brskalnika, če dolgotrajne iteracije presežejo osveževalni cikel, saj trenutno ne obstaja nobena standardna metoda za ustvarjanje konteksta WebGL v lastni niti. Ustvarjanje konteksta v spletnih delavcih (angl. web workers) prek vmesnika `OffscreenCanvas` ni standardizirano, poleg tega pa je večinoma nepodprto na mobilnih napravah. Število iteracij za generiranje enega okvirja je v naši aplikaciji nastavljivo, tako da lahko vzdržujemo interaktivnost tudi na mobilnih napravah. Hitrost upodabljanja smo ovrednotili z merjenjem števila iteracij cevovoda na sekundo z različnimi dimenzijami okvirja in volumetričnih podatkov. Meritve, opravljene v brskalnikih Google Chrome za Linux 56 (prenosni računalnik) in Google Chrome za Android 58 (pametni telefon), so prikazane v tabeli 1. Iz meritev je razvidno, da je naša implementacija dovolj hitra za interaktivno uporabo tudi na mobilnih napravah. Za dovolj majhne velikosti okvirja in volumna smo naleteli na omejitve funkcije `requestAnima-`

`tionFrame`, zato so najvišje vrednosti omejene na 60 iteracij na sekundo.

Tabela 1: Povprečno število iteracij na sekundo cevovoda v odvisnosti od velikosti volumna pri fiksni velikosti slikovnega medpomnilnika 512 × 512 (levo) in v odvisnosti od velikosti slikovnega medpomnilnika pri fiksni velikosti volumna 128 × 128 × 128 (desno)

Naprava	64 ³	128 ³	256 ³	256 ²	512 ²	1024 ²
Pametni telefon	36	15	11	29	15	10
Prenosnik	60	36	22	60	36	18

5 SKLEPI

V prispevku smo predstavili realnočasovno, interaktivno in platformno agnostično aplikacijo za neposredno upodabljanje volumetričnih podatkov, ki omogoča fotorealistično upodabljanje na namiznih in mobilnih napravah. Temelji na reševanju fizikalnega modela za transport svetlobe v heterogenem mediju s stohastičnim pristopom na grafični strojni opremi. Aplikacija teče v spletnih brskalnikih, ki podpirajo standard WebGL 2.0 z razširitvami za formate s plavajočo vejico. Kolikor nam je znano, taka aplikacija še ne obstaja. V aplikaciji je implementirano razširljivo ogrodje, zgrajeno s tehnologijo WebGL 2.0 in z jezikom JavaScript, kar omogoča modularen razvoj metod upodabljanja. Naš predlog rešitve je zmožen progresivnega in interaktivnega upodabljanja brez predprocesiranja vhodnih podatkov in ponovne obdelave po spremembah osvetlitve in prenosa funkcije.

Prihodnje izboljšave vključujejo optimizacijo ogrodja ter z njim zgrajenih upodabljalnikov. Fong et al. (2017) ponuja obširen pregled trenutnega stanja tehnologije, ki se uporablja v produkcijskih okoljih. Služila bo kot neprecenljiv vir za naknadne izboljšave, s katerimi bomo opisane ideje prenesli v spletno okolje. Prvotne izboljšave bodo vključevale večkratno prioriteto vzorčenje, opisano v Kroes et al. (2012), in pohitritev sledenja žarkom s sledenjem rezidualov, opisano v Novák et al. (2014). Takoj zatem so na vrsti boljši modeli kamer z optimizacijo postopka generiranja žarkov. Poleg izboljšav metod upodabljanja je nujne prenove potreben tudi uporabniški vmesnik. Prav tako naša aplikacija trenutno ne podpira upodabljanja večjih volumetričnih podatkov, ki jih ne moremo v celoti zapisati v pomnilnik. Težavo rešujejo številne metode za pretakanje podatkov z diska ali prek omrežja.

Verjamemo, da smo z našo aplikacijo naredili prvi korak v smeri platformno agnostičnega razvoja na

področju upodabljanja volumetričnih podatkov. S tem želimo celotno področje in predvsem najnovejše metode približati uporabnikom brez težavnih namestitvenih postopkov ali omejitev platform. Upamo, da bo industrija sprejela ta prispevek kot uporabno alternativo obstoječim aplikacijam.

6 LITERATURA

- [1] Balsa Rodríguez, M., Gobetti, E., Iglesias Guitián, J. A., Makhinya, M., Marton, F., Pajarola, R., in Suter, S. K. (September 2014). State-of-the-Art in Compressed GPU-Based Direct Volume Rendering. *Computer Graphics Forum*, 33(6), 77–100. <https://doi.org/10.1111/cgf.12280>.
- [2] Banks, D., in Beason, K. (November 2009). Decoupling Illumination from Isosurface Generation Using 4D Light Transport. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics* 15(6), 1595–1602. <https://doi.org/10.1109/TVCG.2009.137>.
- [3] Barsky, B. A., Horn, D. R., Klein, S. A., Pang, J. A., in Yu, M. (2003). Camera Models and Optical Systems Used in Computer Graphics: Part II, Image-Based Techniques. *Computational Science and Its Applications – ICCSA 2003*. 256–265. https://doi.org/10.1007/3-540-44842-X_27.
- [4] Behreuns, U. in Ratering, R. (1998). Adding shadows to a texture-based volume renderer. *Proceedings of the 1998 IEEE symposium on Volume visualization – VVS '98*, ACM Press, 39–46. <https://doi.org/10.1145/288126.288149>.
- [5] Beyer, J., Hadwiger, M. in Pfister, H. (Maj 2015). State-of-the-Art in GPU-Based Large-Scale Volume Visualization. *Computer Graphics Forum* 34(8), 13–37. <https://doi.org/10.1111/cgf.12605>.
- [6] Congote, J., Segura, A., Kabongo, L., Moreno, A., Posada, J. in Ruiz, O. (2011). Interactive visualization of volumetric data with WebGL in real-time. *Proceedings of the 16th International Conference on 3D Web Technology – Web3D '11*, ACM Press, 137–146. <https://doi.org/10.1145/2010425.2010449>.
- [7] Davidovič, T., Křivánek, J., Hašan, M. in Slusallek, P. (Junij 2014). Progressive Light Transport Simulation on the GPU. *ACM Transactions on Graphics*, 33(3), 1–19. <https://doi.org/10.1145/2602144>.
- [8] Fong, J., Wrenninge, M., Kulla, C. in Habel, R.: Production volume rendering. *ACM SIGGRAPH 2017 Courses on – SIGGRAPH '17*, ACM Press, 1–79. <https://doi.org/10.1145/3084873.3084907>.
- [9] Hachisuka, T. (Maj 2015). Implementing a Photorealistic Rendering System using GLSL. *arXiv*, 1–4. <https://arxiv.org/abs/1505.06022>.
- [10] Hadwiger, M., Kratz, A., Sigg, C. in Bühler, K. (2006). GPU-accelerated deep shadow maps for direct volume rendering. *Proceedings of the 21st ACM SIGGRAPH/EUROGRAPHICS symposium on Graphics hardware – GH '06*, ACM Press, 49–52. <https://doi.org/10.1145/1283900.1283908>.
- [11] Jönsson, D., Sundén, E., Ynnerman, A. in Ropinski, T. (Februar 2014). A Survey of Volumetric Illumination Techniques for Interactive Volume Rendering. *Computer Graphics Forum*, 33(1), 27–51. <https://doi.org/10.1111/cgf.12252>.
- [12] Kajija, J. T. (Avgust 1986). The rendering equation. *SIGGRAPH Comput. Graph.* 20(4), 143–150. <https://doi.org/10.1145/15886.15902>.
- [13] Kolb, C., Mitchell, D. in Hanrahan, P. (1995). A Realistic Camera Model for Computer Graphics. *Proceedings of the 22nd annual conference on Computer graphics and interactive techniques*, 317–324. <https://doi.org/10.1145218380.218463>.
- [14] Kroes, T., Post, F. H. in Botha, C. P. (Julij 2012). Exposure Render: An Interactive Photo-Realistic Volume Rendering Framework. *PLoS ONE*. 7(7). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0038586>.
- [15] Lafortune, E. P. in Willems, Y. D. (1996). Rendering Participating Media with Bidirectional Path Tracing. *Rendering Techniques '96 Eurographics*. https://doi.org/10.1007/978-3-7091-7484-5_10.
- [16] Lee, W., Nam, D. (2014). Volume Rendering Architecture of Mobile Medical Image using Cloud Computing. *The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication*, 14(4), 101–106.
- [17] Lesar, Ž., Bohak, C. in Marolt, M. (Marec 2015) Evaluation of angiogram visualization methods for fast and reliable aneurysm diagnosis. *Progress in Biomedical Optics and Imaging – Proceedings of SPIE*, 9416, p. 9416. <https://doi.org/10.1117/12.2082179>.
- [18] Levoy, M. (Julij 1990). Efficient ray tracing of volume data. *ACM Trans. Graph.* 9(3). 245–261. <https://doi.org/10.1145/78964.78965>.
- [19] Lindemann, F. in Ropinski, T. (December 2011). About the Influence of Illumination Models on Image Comprehension in Direct Volume Rendering. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 17(12), 1922–1931. <https://doi.org/10.1109/TVCG.2011.161>.
- [20] Lokovic, T. in Veach, E. (2000). Deep shadow maps. *Proceedings of the 27th annual conference on Computer graphics and interactive techniques*, ACM Press, 385–392. <https://doi.org/10.1145/344779.344958>.
- [21] Max, N. (Junij 1995). Optical models for direct volume rendering. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 1(2), 99–108. <https://doi.org/10.1109/2945.468400>.
- [22] Mobeen, M. M. in Feng, L. (2012) Ubiquitous Medical Volume Rendering on Mobile Devices. *International Conference on Information Society (i-Society 2012)*. IEEE, 93–98.
- [23] Novák, J., Selle, A., Jarosz, W. (November 2014). Residual ratio tracking for estimating attenuation in participating media. *ACM Transactions on Graphics*, 33(6), 1–11. <https://doi.org/10.1145/2661229.2661292>.
- [24] Reinhard, E., Stark, M., Shirley, P. in Ferwerda, J. (Julij 2002). Photographic tone reproduction for digital images. *ACM Transactions on Graphics*, 21(3), 267–276. <https://doi.org/10.1145/566654.566575>.
- [25] Ritschel, T., Grosch, T. in Seidel, H. P. (2009, februar). Approximating dynamic global illumination in image space. In *Proceedings of the 2009 symposium on Interactive 3D graphics and games (str. 75–82)*. ACM.
- [26] Schiewe, A. Anstoots, M. in Krüger, J. (2015). State of the Art in Mobile Volume Rendering on iOS Devices. *Eurographics Conference on Visualization (EuroVis)*, 139–143. <https://doi.org/10.2312/eurovisshort.20151139>.
- [27] Szirmay-Kalos, L., Tóth, B. in Magdics, M. (Marec 2011). Free Path Sampling in High Resolution Inhomogeneous Participating Media. *Computer Graphics Forum*, 30(1), 85–97. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8659.2010.01831.x>.
- [28] Woodcock, E., Murphy, T., Hemmings, P. in Longworth, S. (1965). Techniques used in the GEM code for Monte Carlo neutronics calculations in reactors and other systems of complex geometry. *Proceedings of Conference on Applications of Computing Methods to Reactor Problems*, 557–579.
- [29] Zhukov, S., Iones, A. in Kronin, G. (1998). An ambient light illumination model. *Rendering Techniques '98 Eurographics*, 45–55. https://doi.org/10.1007/978-3-7091-6453-2_5.

Žiga Lesar je asistent in doktorski študent na Fakulteti za računalništvo in informatiko Univerze v Ljubljani. Ukvarja se predvsem z računalniško grafiko in visoko zmogljivim računalništvom, raziskuje pa interaktivno upodabljanje medicinskih podatkov s spletnimi tehnologijami. Za svoje delo je leta 2014 prejel univerzitetno Prešernovo nagrado.

■

Ciril Bohak je asistent na Fakulteti za računalništvo in informatiko Univerze v Ljubljani. Njegovi raziskovalni interesi so računalniška grafika, interakcija med človekom in računalnikom, tehnologija iger, poigritev, e-učenje in pridobivanje informacij iz glasbe. Trenutno poučuje pri predmetih Računalniška grafika, Tehnologija iger in Računalniško podprto oblikovanje. Je eden izmed ustanovnih članov slovenske skupnosti HCI.

■

Matija Marolt je izredni profesor na Fakulteti za računalništvo in informatiko Univerze v Ljubljani. Je predstojnik Laboratorija za računalniško grafiko in multimedije. Njegove raziskave so na področjih pridobivanja informacij iz glasbe s poudarkom na semantičnih opisih in razumevanju zvočnih signalov, pridobivanju in organizaciji glasbenih arhivov in interakcije med človekom in računalnikom.

ISKRA DELTA – od kotlovnice do industrijskega podjetja

Ob 40. obletnici ustanovitve Delte 25.05.1978

Vanja Milan Bufon

UVODNE MISLI

Kje se začnejo dobre računalniške zgodbe? V garaži? Ne, zgodba o Delti se je začela pred štiridesetimi leti v opuščeni kotlovnici na Linhartovi cesti v Ljubljani. In ni zgodbe brez nastopajočih. To so sodelavci DEC zastopstva v okviru trgovskega podjetja Elektrotehna, ki so verjeli v svojo vizijo in »big bossa« Janeza Škrubeja: tudi mi smo sposobni narediti računalnik. V naslednjih 10 letih je iz zastopstva DEC zraslo vodilno jugoslovansko industrijsko podjetje na poročju informacijskih tehnologij, ne le računalništva v ožjem pomenu besede (strojne in sistemske programske opreme). Delta se je načrtno usmerila tudi v aplikativno področje: uporabo računalnikov in izgradnjo infrastrukture, ki je potrebna za uspešno implementacijo in uporabo. O tem več v nadaljevanju. Iz malega zastopstva z 20-30 sodelavci, je zrastle podjetje s preko 2000 zaposlenimi, cca 800 v Sloveniji, ostalo pa po filijalah po Jugoslaviji. Delta je uspešno previharila vse samoupravne organizacijske oblike in pogoje gospodarjenja v stari Jugoslaviji kljub nasprotovanju politike. Prave družbene in politične podpore kljub splošno razširjenemu prepričanju, da Delta takšno podporo ima, v resnici ni bilo. O monopolu ni bilo ne duha ne sluha. Nasprotno, prisotno je bilo rivalstvo med republikami.



Slika 1: Prvi sodelavci Delte, DEC zastopstvo pri Elektrotehni v letu 1978

Zanimiv in poučen je pogled informatika današnje dobe na nivo spoznanj / znanj ter tehnološke dileme izpred štiridesetih let, ko je bila Delta šele ustanovljena in izpred trideset let, ko je ob svoji desetletnici na »Letni šoli Iskre Delte« predstavila svoje dosežke in strategije.

PLEME DELTAŠEV

Recimo, da želimo danes, to je v leto 2018, iz obrtne delavnice postaviti uspešno industrijsko podjetje. Kaj potrebujemo? Potrebujemo cilj, vizijo in strategijo, predvsem pa prave sodelavce. Pri tem nekoliko norosti, drznosti in sreče, pa tudi naključij ne škodi.

Ključ do uspeha namreč ni v kapitalu, strojih, prostorih, ... temveč v sodelavcih. Vsak izmed sodelavcev se mora počutiti kot del plemena, mora ponotranjiti kulturo podjetja in se z njo identificirati.^{1,2,4} Delti je uspelo oblikovati pleme Deltašev. To pripadnost je čutiti še danes, sicer se ne bi na štirideseti obletnici ustanovitve Delte na Livadi v Ljubljani letos maja zbralo preko 150 nekdanjih sodelavcev, predvsem iz Slovenije.



Slika 2: Deltin pristop k postavljanju računalniške firme

Delta je uspela v svoji sredini zbrati mlade, zagnane sodelavce s področja celotne Jugoslavije (povprečna starost v rangi 30 let), ki jih je odlikovala solidna formalna srednješolska ali visokošolska izobrazba različnih ne samo tehničnih usmeritev, želja po znanju, multikulturnost, večjezičnost, znanje angleškega jezika – bistvena pa je bila inovativnost na vseh delovnih mestih!

Odločilen je bil stik s svetovnimi dobavitelji računalniških sistemov, sklopov in komponent in stalno dodatno usposabljanje v njihovih centrih, kar je omogočilo transfer takrat vodilne ameriške in japonske tehnologije v našo deželo. Zanimariti ne smemo niti »okužbe« Deltašev s tržno logiko zahoda in samozavest, da zmorejo tudi sami narediti nekaj podobnega, če ne še kaj več.

Uspehi in preboji Delte, poudarjam ne le tehnični, so rezultati prizadevanj vseh posameznikov v firmi in ne le vodilnih razvijalcev. Ti so vsak na svojem področju in po svojih močeh prispevali k iskanju novih poti in inoviranju procesov in izdelkov. Za boljše razumevanje pogledimo primer »Projekta prodaje lastne programske rešitve v drugo jugoslovansko republiko ali celo v tujino, na primer ZDA«. Projekt zahteva ne le specifikacijo, kodiranje in testiranje programov oz. celotne rešitve, ampak vsaj še dobro uporabniško do-

kumentacijo v drugem, morda celo tujem jeziku (potrebujemo tehničnega pisca, oblikovalca, prevajalca, ...), marketinško dokumentacijo primerno ciljnemu trgu (marketing eksperta za YU, ZDA trg), postavitve cenovne politike in finansiranje (ekonomija, poznavanje konkurence), zaščito svojih avtorskih pravic preko licenčne pogodbe za kupca (pravnik, komercialist), vzpostavitev vzdrževanja in garancije (call center, servis,...), usposobitev, izobraževanje ali celo šolanje kupca (navodila, uporabniška dokumentacija, on-site podpora, oddaljen pristop, izobraževalni center), ... Skratka odpre se prava Pandorina skrinjica, ki zahteva visoko motivirane »multipraktik« sodelavce.

STRATEGIJA

Strategija pove kako nameravamo v naslednjih 5 do 10 letih doseči zastavljeni cilj: narediti lasten računalnik. Strategija ni nekaj dokončnega temveč se sproti dograjuje z novimi spoznanji. Realizacija v praksi pogosto odstopa od zastavljene poti in upošteva trenutne možnosti. Strategija Delte je vsebovala tri pomembne komponente: Uporabo lastne pameti in tehnoloških zmogljivosti povsod, kjer je le mogoče in ekonomsko upravičeno, OEM (Original Equipment Manufacturer) način proizvodnje in ne nazadnje Iskra Delta Arhitekturo (IDA).

STRATEGIJA CELOVITEGA PRISTOPA

LASTNO ZNANJE & OEM	LICENCA
<ul style="list-style-type: none">• Sestavljena HW & SW elementov, modulov, sklopov, sistemov – od kupljenih do lastnih• Postopen lasten RR• Možnost izvoza• VIZIJA ZA YU SODELOVANJE: RR & PROIZVODNJA & STORITVE• Sodelovanje z uporabniki NOSILCI TEHNOLOŠKEGA ZNANJA• MONOPOLA nikoli ni bilo!	<ul style="list-style-type: none">• Več ali manj samo eden licenčni produkt pa še ta zastarel• Ni bistvenega lastnega RR• VSAK BI LEPIL SVOJE ETIKETE NA LICENČNE PROIZVODE• Izvoz praktično ni možen

DELTA JE BILA NAJVEČJA JUGOSLOVANSKA KONCENTRACIJA INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJ



Slika 3: Strategija. Lastno znanje, OEM način proizvodnje in IDA arhitektura

LASTNO ZNANJE IN OEM

DEC (Digital Equipment Corporation Inc.) OEM način prodaje računalnikov po komponentah (vezjih, modulih, sklopih in enotah) je omogočal, da vsaka firma, ki ima znanje o integraciji sistemov sama nabere ali naredi svoje lastne module in sestavi svoj unikatni računalnik. Delta je osvojila znanje o sestavljanju računalnikov preko vzdrževanja DEC računalnikov (HW in SW vzdrževalne službe za DEC opremo). Prvi Delta sistemi so bili dejansko mešanica DEC CPU enot in ne-DEC periferije kot so bili npr: Ampex ali Fujitsu diskovne enote in kontrolerji. Rezultat je bil unikatni sistem, pogosto celo boljši od originala (ta princip je ostal v veljavi tudi kasneje za unikatne, večje, zahtevnejše sisteme). Od tod do vprašanja: zakaj pa ne bi nekaterih modulov in enot naredili kar sami, ni bilo daleč. Deltina strategija je bila: ne za vsako ceno! Sledilo je osvajanje enostavnejših, vsaj maloserijskih enot. Tako je kmalu stekla proizvodnja lastnih terminalov PAKA. Primarno smo želeli zreducirati znesek deviz za nakup repromateriala v tujini v skladu s trenutno jugoslovansko zakonodajo. Posebnost je ostala JNA, ki je kljub temu, da ni nič kupila, stalno ponavljala nerealno zahtevo o popolni neodvisnosti opreme od zahoda. Posledično so tudi v Delti razmišljanja in dokazovanja lastne poti šla v smeri izdelave lastnih CPU in drugih vitalnih računalniških modulov, vse do v

celoti doma proizvedenih lastnih računalnikov. Tako se je rodila uspešna družina mikroročunalnikov Partner, ki ji je sledila družina Triglav. Hrbtenica sistema Triglav je bilo VME vodilo in celovit nabor VME računalniških modulov (spomin, kontrolerji, itd). Delta je imela za Triglav kar tri lastne CPU module – na osnovi treh v svetu uveljavljenih tehnologij Intel, Motorola in DEC J-11 ter temu ustrezno tri operacijske sisteme. To je bila posebnost v svetovnem merilu. Triglav z DEC-J11 vezjem je bil pravi domači multiuser sistem z operacijskim sistemom Delta M (predelan DEC OS RSX-11M) z možnostjo nadgradnje z IDA programskimi orodji in domačimi aplikacijami.

Verjeli ali ne: Delta je tehnološko obvladovala RR in proizvodnjo. O proizvodnem programu Delti je bilo veliko napisanega ob njeni desetletnici. O aplikacijah in IDA programskih orodjih pa nekoliko kasneje.^{2,3,4,5,7,8}

OEM pristop je bil tudi z današnjega vidika edina prava pot, ki je odpirala tudi drugim domačim akterjem možnost, da se vključijo v projekt domačega računalništva na osnovi lastnega znanja. Žal sem še danes prepričan, da politika tega predloga sploh ni razumela. V Sloveniji je sicer prišlo do nekaj šibkih povezav s partnerji, ki pa niso imeli kritične R&D mase za prevzeto področje (na primer proizvodnja terminala PAKA).



Slika 4: Predstavitev na Letni šoli Iskre Delte ,85: Delta 800, ekvivalent DEC PDP-11, sledi Delta EKG rešitev in zadnja slika Triglav Pico z natičnimi diski.

STRATEGIJA CELOVITEGA PRISTOPA

LASTNO ZNANJE & OEM	LICENCA
<ul style="list-style-type: none"> • Sestavljenka HW & SW elementov, modulov, sklopov, sistemov – od kupljenih do lastnih • Postopen lasten RR • Možnost izvoza • VIZIJA ZA YU SODELOVANJE: RR & PROIZVODNJA & STORITVE • Sodelovanje z uporabniki NOSILCI TEHNOLOŠKEGA ZNANJA • MONOPOLA nikoli ni bilo! 	<ul style="list-style-type: none"> • Več ali manj samo eden licenčni produkt pa še ta zastarel • Ni bistvenega lastnega RR • VSAK BI LEPIL SVOJE ETIKETE NA LICENČNE PROIZVODE • Izvoz praktično ni možen

DELTA JE BILA NAJVEČJA JUGOSLOVANSKA KONCENTRACIJA INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJ

IDA

Slika 5: Primerjava OEM in licenčnega pristopa

Ostale jugoslovanske firme nikoli niso dojele OEM koncepta in so gradile vsaka svoj računalnik vsaka na svoji licenci ob podpori svojih lobijev. Praktično ni šlo za proizvodnjo, temveč le za »lepljenje nalepk« v izogib uvoznim omejitvam pod oznako »domača proizvodnja«. Licence so tudi sicer same po sebi zelo vprašljive. Več ali manj so omejene na en izdelek, pa še ta je pogosto v tehnološkem zatonu. Izvoz praktično ni mogoč, lastne rešitve niso stimulirane, pogosto sploh niso dovoljene, lahko so celo prepovedane. Sodelovanje med različnimi firmami na skupnem licenčnem programu praktično ni mogoče. Več prostora pa licencam ne bi namenili, čeprav bi se o licenčnem modelu proizvodnje lahko še razpisali.

Delta pa ni bila usmerjena le v sistemski hardware in software. Praksa je pokazala, da nerazvito okolje potrebuje močno podporo pri uporabi računalnika, torej pomoč uporabniku pri izdelavi in pri implementaciji uporabniku primerne aplikacije. **S tem se je začelo v Delti obdobje širitve dejavnosti od računalništva v ožjem pomenu besede na informacijski inženiring organiziran po branžah.** V ospredje stopi razmišljanje o IDA – Iskra Delta Arhitekturi. IDA arhitektura pomeni oblikovanje lastne strategije kako odgovoriti in pristopiti k reševanju praktičnih problemov kot so stalna vsklajevanja različnih družin in različnih modelov računalnikov, kako povezati različna sistemska okolja, kako dvigniti produktivnosti

programerjev, kako zagotoviti ponovljivost in prenosljivosti aplikativnih programov med različnimi sistemi in sočasno zadržati poenoteno funkcionalnost, kako zgraditi »lego koncept« gradnje kompleksnih branžnih rešitev na osnovi standardnih modulov, kako prilagoditi aplikacije jezikom in okolju jugoslovanskih narodov ter na primer ameriškemu okolju za prve poizkuse izvoza programske opreme (na primer FORMATIX v ZDA), itd.

Razširitev dejavnosti od klasičnega računalništva na informacijski inženiring organiziran po branžah privede do novih teamov usmerjenih v iskanje učinkovitih aplikativnih rešitev za posamezno branžo. Delta oblikuje »Katalog programskih proizvodov«, ki ga letno osvežuje saj se skokovito povečuje tako število novih aplikativnih rešitev kot novih branž. Katalog programskih aplikacij za leto ,85 vsebuje križno tabelo med posameznimi gospodarskimi dejavnostmi in programskimi proizvodi. Med najuspešnejše branže so sodile turizem in trgovina, gradbeništvo,... Mnoge od njih so preživele Delto.

Na koncu moramo omeniti še uspešno zaključen in mednarodno odmeven Projekt računalniške povezave med osmimi največjimi kitajskimi mesti za potrebe kitajske policije, ki ga je Delta pred prevozom na Kitajsko stestirala v najetih prostorih Cankarjevega doma v Ljubljani. Ni kaj, tudi danes bi bila to novica dneva.²

IDA – Iskra Delta Arhitektura in OEM

- **IDA – HARDWARE:** elementi, moduli, sklopi, sistemi, mreže, tehnologija
 - Moduli, terminali PAKA, delovne postaje, PARTNER, TRIGLAV, ADRIA, GEMINI, TITAN, ...
 - Paralelni sistemi, specialni HW – EKG, ...
- **IDA SISTEMSKI SOFWARE:** OS in KOMUNIKACIJE
 - CP/M PLUS, MS-DOS, DELTA/M, DELTA/V, RSX-11M, YMS, OS-9, XENIX, DELTANET, DELTIX
- **HW & SW VZDRŽEVANJE**
- **IDA PROGRAMSKA ORODJA**
 - **IDA BAZA, IDA LEKSIKON, IDA COGEN, IDA EKRAN, AGP, FORMATIX**
- **IDA APLIKATIVNI PROGRAMI - APLIKACIJE**
- **INŽENIRING REŠITVE** - branže
- **MARKETING & PRODAJA - TRŽNE RAZISKAVE & TRŽNE KOMUNIKACIJE**
- **IZOBRAŽEVANJE**
- **IN NE NAZADNJE:** dokumentiranje, ekonomika, pravo, oblikovanje ...



Slika 6: IDA – Iskra Delta Arhitektura, poudarek je na Ida programskih orodjih in informacijskem inženiringu po branžah



KATALOG PROGRAMSKIH PROIZVODOV

IskraDelta

Slika 7: Katalog Iskra Delta aplikativne programske opreme in branže

Delta je uporabila OEM princip (poleg licenc) tudi pri programski opremi. Deltaši so že pred tridesetimi leti prepoznali pomen podatkovne baze pri gradnji aplikativnih rešitev. Delta je zato za vse svoje več-uporabniške sisteme standardizirala masovno uporabo podatkovne baze Total, firme Cincom (licenčni odnos), ki jo je kasneje pospešeno nadgradila in zamenjala z lastnimi IDA programskimi orodji: IDA

Bazo, IDA Leksikon, IDA Cogen generator programov, IDA Ekran in AGP. Pri razvoju IDA orodij so sodelovali tudi zunanji eksperti.

Delta je delno uporabila OEM princip tudi pri inženiringu, ko se je pri razvoju branžnih inženiring rešitev povezovala s tehnološko naprednimi uporabniškimi centri in tako obogatila tehnološko znanje specifično za določeno branžo.



Slika 8: Letna šola Iskre Delte '85 v Cankarjevem domu

Danes vsi govorimo o Microsoft NT konferenci v Portorožu ali morda Infor konferenci INFORUM 2018 v Washingtonu, ZDA kot o posebnih dogodkih vrednih oglada in obiska. No, pred tridesetimi leti smo govorili o Letni šoli Iskre Delte v Cankarjevem domu v Ljubljani. Letna šola je pomenila nekakšne odprte dneve: razstavo zadnjih dosežkov Delte tako

na področju strojne kot programske opreme. Posebna dodana vrednost so bila predavanja s področja informacijske tehnologije – vse od novosti do IDA arhitekture, pa še o trendih nadaljnega razvoja informacijskih tehnologij; na primer o paralelnih sistemih, Unix-u kot novi OS platformi, itd.



Slika 9: Program Letne šole Iskre Delta

Več kot preveč je bilo tudi internih tehnoloških dilem in neznak. Pred 30 leti še nihče ni vedel za MS Windows. Triglav je imel tri glave: CP/M, MS DOS in Delta/M ker nihče ni bil prepričan kaj bo prevladalo v naslednjih petih letih. Intenzivno smo delali na paralelnih sistemih, iskali tržne niše – na primer EKG sistem, in še in še.

Spoznanje, da je potrebno uporabnike izobraziti je vodilo Delto v gradnjo in postavitev Delta Izobraževalnega Centra v Novi Gorici. O seminarjih, vsebini seminarjev, knjigah, o prispevku k oblikovanju slovarja računalniških izrazov in še o marsičem bi lahko še dolgo govorili – pa bo to tema za samostojen prispevek.

SKLEPNA MISEL

Danes Delte ni več. Ni več niti ameriške firme DEC. Marsikatera naša dilema izpred štiridest let je dobila svoj odgovor ter že odšla v pozabo in zgodovino. Ostaja pa sporočilo: ohranimo drznost in samozavest, vlagajmo v svoje znanje, trudimo se držati korak z razvitim svetom. Vse je mogoče. Na preteklosti vzklije novo življenje.

Delta ni bila le domača računalniška firma s lastnim programom, razvojem in proizvodnjo. Svoje osnovno poslanstvo, razviti in proizvesti lastne računalnike, je razširila in nadgradila z informacijskim inženiringom – z računalniško podprtimi aplikativ-

nimi rešitvami in bistveno preseгла takratno domačo konkurenco. O Delti kot računalniški firmi je že veliko znanega in napisanega, precej manj pa o aplikacijski programski opremi, o inženiring rešitvah. Namen prispevka je bil ob štiridesetletnici opozoriti tudi na ta pogled.

LITERATURA

- [1] Mateja Bertonec. Kaj manager leta Janez Škrabec svetuje kolegom in Miru Cerarju, Ljubljana, časnik Finance, št.188, Ljubljana 2017
- [2] Janez Škrubej. The Cold War for Information Technology, The Inside Story. Strategic Book Publishing and Rights Co., Houston 2013, ISBN:978-1-61897-835-6
- [3] 10 GODINA »ISKRA DELTE«. Praksa. Jugoslovanska revija za informatiko i AOP, godina XXIII, broj 5, str. 1-78, Beograd 1988
- [4] Vanja Bufon, Čedo Jakovljevič. Deset let lastne poti in oblikovanja Iskra Delta Arhitekture. Letna šola Iskra Delta, Zbornik referatov, Ljubljana 1988
- [5] Informacijska tehnologija pri nas – stanje, uporaba, znanje, proizvodnja. Okrogla miza. Revija za razvoj, letnik 3, november, str. 8-12, Ljubljana 1987
- [6] Mija Repovž. Megla in jugoslovanski računalniški maraton. Intervju Vanja Bufon. Revija za razvoj, letnik 3, julij – avgust, str. 9-14, Ljubljana 1987
- [7] Vanja Bufon. Strategija tehnološkega razvoja Jugoslavije in informatika. Letna šola Iskra Delta, Zbornik referatov, Ljubljana 1987
- [8] FORMATIX User's Guide. ISKRA Software International, Division of Iskra Electronics, Inc. Farmingdale, NY 1986
- [9] Katalog programskih proizvodov »85, Iskra Delta, Ljubljana 1985, ID: 20 321 044
- [10] Katalog programskih proizvodov »84, Iskra Delta, Ljubljana 1984, ID: 17 102 044

► Predstavitev knjige **Slovenija na poti digitalne preobrazbe**

Saša Divjak

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za računalništvo in informatiko, Večna pot 113, 1000 Ljubljana
sasa.divjak@fri.uni-lj.si



Avtorji knjige [1] so dr. Cene Bavec, dr. Andrej Kovačič, dr. Marjan Krisper, dr. Vladislav Rajkovič in dr. Mirko Vintar. Osnovna želja avtorjev je bila, da opozorijo na družbene, ekonomske in politične izzive ki jih digitalizacija prinaša. Knjiga je tako nujno branje za vsakogar, ki lahko kakorkoli prispeva k uvajanju digitalne preobrazbe v našo družbo. S hitrim vstopanjem v digitalizirani svet se so pred nami spremembe, ki jim včasih sicer težko sledimo, vendar se jim moramo vsaj prilagajati. Pri tem srečujemo različne ovire in lahko naletimo na različne napake, ki se jim želimo izogniti. Izziv lahko najdemo tudi v inovativnem uvajanju, ki pa mora biti usklajeno z drugimi podsistemi. Proces digitalne preobrazbe skriva v sebi multidisciplinarne probleme, ki še zdaleč niso le tehnološki. Ker vplivajo na vsa družbena področja, moramo pri tem upoštevati različne družbene potrebe in v čim boljši meri predvideti posledice. Tako ustanove kot poslovni sistemi javnega in zasebnega sektorja so večinoma zadržani do hitrih sprememb.

Obstaja strah ali vsaj nelagodje pred neznanim in pred tveganji.

Knjiga je sestavljena iz petih poglavij, ki se medsebojno smiselno navezujejo in vzajemno naslavlja. Začetek je vizionarsko usmerjen v digitalno prihodnost Slovenije tako s tehnološkega kot tudi družbenega vidika. Opozarja na nepredvidljivost prehoda iz analognega v digitalni svet. Pri tem igra pomembno vlogo tudi majhnost slovenskega gospodarstva in omejen vpliv na digitalni razvoj v okviru Evropske unije in v svetovnem merilu. Tako se pred nami predstavljata dva možna scenarija. Bolj verjeten je scenarij, po katerem bo Slovenija predvsem sledila dogajanjem in usmeritvam v Evropi in bo tako ostajala nekje v evropskem povprečju. Po drugem, bolj optimističnem scenariju pa bi se lahko uvrstili med najnaprednejše države v Evropi. Vendar bi to zahtevalo od nas veliko prožnosti na vseh nivojih. Tak scenarij bi terjal od nas precejšnje politične in družbene spremembe, saj bi morali usklajeno preoblikovati

tako javni sektor kot gospodarstvo, potrebno bi bilo delovanje in preoblikovanje tudi na nivoju posameznikov.

Na te kritične zahteve se lepo navezuje poglavje, ki ugotavlja, da je učinkovit in uspešno digitaliziran javni sektor eden od ključnih pogojev za uspešno digitalizacijo tako družbenih podsistemov kot gospodarskega sektorja. Tako bi lahko prišli do večje kakovosti storitev in povečanje učinkovitosti. Velik tehnološki, pa tudi sistemski izziv predstavlja že sama kompleksnost javnega sektorja. Pomemben parameter za uspešno in celovito in usklajeno preoblikovanje tega sektorja in s tem tudi uprave je primerna politična volja. Med problemi omenimo pomanjkanje ustreznega znanja in izkušenj.

Knjiga je posvečena tudi digitalni transformaciji gospodarstva, ki terja tudi poslovno preoblikovanje, kar pa vnaša tudi tveganja. Poleg prilagoditve organizacijskih struktur in poslovnih procesov bo potrebno tudi vlaganje v znanje in motivacijo udeležениh posameznikov.

Knjiga se v zadnjem delu posveti področju odločanja s pomočjo modernih digitalnih tehnologij. Sistemi za podporo odločanja so pomemben segment tako v javnem kot v poslovnem oziroma gospodarskem okolju. Višjo raven lahko pričakujemo v simbiozi ljudi in takih sistemov. Uvajanje takih sistemov zmanjšuje slabosti, ki jih zasledimo pri človeškem odločanju zaradi omejenih zmožnosti sklepanja, hkrati pa ob možnem upoštevanju velike količine podatkov oziroma parametrov povečuje zmožnost objektivnega odločanja in zmanjšuje tveganja.

Knjiga tako zaokroženo in kritično predstavlja slabosti sedanjega okolja in nakazuje verjetno prihodnost in nujnost digitalne preobrazbe, ki se ji ne moremo in niti ne smemo izogniti. Vsekakor bi jo morali prebrati vsi, ki bodo lahko tako ali drugače vplivali na spremembe, ki so pred nami.

LITERATURA

- [1] Cene Bavec, Andrej Kovačič, Marjan Krisper, Vladislav Rajkovič, Mirko Vintar: Slovenija na poti digitalne preobrazbe, Založba UL Fakulteta za računalništvo in informatiko, Ljubljana 2018, ISBN 978-961-7059-00-7.

✉ Pismo strankam – Predlogi za dvig digitalnih kompetenc

Niko Schlamberger
Slovensko društvo INFORMATIKA
niko.schlamberger@gmail.com

SPOŠTOVANI!

Slovensko društvo INFORMATIKA je strokovno združenje, katerega poslanstvo je popularizacija informatike in informacijskih tehnologij, njihovega pomena za družbo nasploh in posebej za razvoj informacijske družbe. Kot strokovnjaki v društvu s priznanim statusom društva, ki deluje v javnem interesu, spremljamo svetovne razvojne trende, ugotavljamo, kako jih upoštevajo države, po katerih se radi zgledujemo, in primerjamo, kako se na nove izzive odziva Slovenija. V želji, da bi po svojih močeh prispevali k razvoju slovenske družbe, smo oblikovali pričujoči dokument in predloge.

1. DIGITALNA PREOBRAZBA

Izraz *digitalna preobrazba* je v širši uporabi v poslovnih, strokovnih in znanstvenih krogih in razpravah zadnjih nekaj let skoraj povsem zamenjala, skorajda izpodrinila izraz *informacijska družba*, ki označuje razvojno stopnjo družbe, ki bo sledila industrijski družbi. Slednjo je Slovensko društvo INFORMATIKA že pred časom opredelilo v publikaciji *Modra knjiga – Slovenija kot informacijska družba*¹. To je družba izobilja, ki jo označujejo višina ter struktura BDP, splošna uporaba informacijske tehnologije, struktura zaposlenih in samozavedanje družbe. Digitalna preobrazba k temu ni dodala nič novega, je zgolj odraz splošnega razumevanja, da je informacijska tehnologija že posegla v vse oblike življenja in dela in da je treba to dejstvo tako tudi upoštevati.

2. SLOVENIJA 4.0

Izraz *Industrija 4.0* je postal splošno uporabljen po hannovrskem sejmu *Cebit 2011*. Z njo se je Nemčija deklarativno in dejansko lotila preobrazbe vseh sektorjev in dejavnosti, saj kljub nazivu ne obsega

le industrije, temveč tudi spremljajoče in posledične dejavnosti četrte industrijske revolucije. Tudi glede tega izraza obstaja več interpretacij, saj ni enotnega razumevanja, katere naj bi bile prve tri; nekateri štejejo kot prvo industrijsko revolucijo celo začetek kmetovanja. Primerneje bi se bilo dogovoriti, kaj naj bi bile njene značilnosti in glede tega je videti, da je dilem manj. Seveda ne moremo nemškega pristopa preprosto prekopirati in uporabiti v naših razmerah, saj obstaja preveč razlik, ki vplivajo na to, kako se bomo spoprijeli z novimi izzivi mi. Lahko pa uporabimo izkušnje in pristope, ki so se izkazali za učinkovite. Ob tem naj poudarimo lastna spoznanja glede okolja in izobraževanja. Ob izrazu *Industrija 4.0* moramo namreč opredeliti še dva druga: *Uprava 4.0* in *Izobraževanje 4.0*. Prvi pomeni, da mora država zagotoviti podporno okolje, ekosistem, ki bo poslovnim subjektom v vsakem pogledu olajševal delovanje in prebivalstvu omogočil hitrejši dostop do upravnih in drugih storitev. Zadevni dosežki ministrstva za javno upravo so pomemben premik v pravo smer in želimo, da bi se ta prizadevanja nadaljevala. *Izobraževanje 4.0* pa razumemo tako, da se mora izobraževalni sistem prilagoditi predvidljivim zahtevam in bistveno izboljšati pouk informatike na vseh stopnjah izobraževanja. Razumeti je treba, da *Industrije 4.0* brez *Uprave 4.0* in *Izobraževanja 4.0* ne bomo uresničili. Vendar moramo vedeti, da je digitalizacija samo način, *Industrija 4.0*, *Uprava 4.0* in *Izobraževanje 4.0* pa pot, kako priti do cilja, ki ga povzemamo s paradigmo *Slovenija 4.0* – moderna in napredna družba, ki se iz sledilca spreminja v voditelja. Razvoj tehnologij in informacijska tehnologija posebej so povzročili silne premike v družbi in vseh dejavnostih in njene potenciale je treba uporabiti za družbo, ki želi postati zgled. Slovenija to lahko postane.

¹ izdalo slovensko društvo INFORMATIKA, Ljubljana 1999

3. DIGITALNE KOMPETENCE

Kakor je industrijska družba nepredstavljiva brez splošne pismenosti, tako je tudi prehod v informacijsko družbo nemogoč brez digitalne pismenosti. Tega se kot družba in država v splošnem premalo zavedamo. Mogoče je zavedanja kaj več pri posameznikih in institucijah, premalo pa je organiziranega prizadevanja za dvig digitalnih kompetenc, ki jih definiramo kot *kvalificirano in namensko uporabo računalnika pri delu in v vsakdanjem življenju*. Medtem ko je Slovenija po poročilu Digital Economy and Society Index (DESI) glede dostopnosti prebivalstva do interneta in razpoložljivosti digitalnih storitev uvrščena dovolj visoko, pa ni v zavidljivi poziciji glede digitalnih kompetenc prebivalstva. Smo pod povprečjem Evropske unije, kar kaže na to, da smo v splošnem digitalno preslabo usposobljeni. Ob tem je treba ugotoviti, da so digitalne veščine tiste, ki nas kvalificirajo za delo v prihodnosti in da slovenska prislovična pridnost tega primanjkljaja ne more kompenzirati. Digitalna ločnica pa ima še dosti širše implikacije; velja namreč identiteta

**DIGITALNA
LOČNICA = EKONOMSKA
LOČNICA = SOCIALNA
LOČNICA.**

Informacijske družbe si ne moremo predstavljati brez digitalno kompetentnega prebivalstva, zato bi morali posvetiti dvigu digitalnih kompetenc ustrezno pozornost in ga določiti kot prioriteto. Zaposleni in prebivalstvo sploh v naši državi glede tega od večine evropskih držav in naših bližnjih sosed žal odstopajo v negativnem smislu, kar ima za posledico izjemno velike izpade prihodkov gospodarskih družb in temu primeren izpad prihodka državnega proračuna. Ocena je, da se ne glede na dejavnost na 90% današnjih delovnih mest zahteva obvladovanje vsaj osnovnih digitalnih veščin. V splošnem interesu je torej, da postanejo digitalne kompetence prebivalstva ena od pomembnih postavk dogovora političnih strank, ki bodo sestavile vlado, in posledično njihovih prizadevanj. Ne nazadnje nas k temu zavezuje tudi *Digitalna agenda za Evropo 2020*.

4. PREDLOGI

Z namenom, da ne bi ostalo le pri splošnih ugotovitvah, smo oblikovali predloge, ki jih v nadaljevanju kratko obrazložimo.

1. Država naj izdela oceno realnega stanja digitalnih veščin in kompetenc prebivalcev Republike Slovenije

Mednarodne primerjave (DESI in druge) niso izdelane na osnovi raziskav, temveč anket in pretežno samoocen vprašanih, slednje so pa dokazano višje, kakor bi jih pokazali objektivni testi. Stanje je torej slabše, kakor je prikazano, in če naj ga izboljšamo, moram razpolagati z realno oceno stanja. Prvi korak k izboljšanju stanja je vedno realna ocena izhodišča.

2. Evropski računalniški certifikat naj se prizna kot dokazilo digitalnih kompetenc

Kot najprimernejše dokazilo digitalnih kompetenc priporočamo certifikat European Computer Driving Licence (ECDL). Tega predlagamo zato, ker je to celovit sistem certificiranja digitalnih kompetenc uporabnikov, v katerega je vključenih že preko 15 milijonov oseb po celem svetu, od tega preko 10 milijonov v Evropi in je neodvisen od usposabljanja in platforme. Prednosti ECDL so, da je certifikat priznan globalno, da certificiranje ni vezano na usposabljanje, da je zahtevano znanje neodvisno od proizvajalcev naprav ali programa in da se izpiti opravljajo po istih pravilih po vsem svetu.

V Sloveniji je bilo od leta 2000 tako certificiranih že preko 18.000 oseb, ki so opravile več kot 92.000 izpitov. S certifikatom so izkazane dejanske kompetence in imetnik certifikata ima konkurenčno prednost na trgu dela. Javni sektor pri nas upošteva DigComp, ki je splošen opis nabora digitalnih kompetenc in bazira na samooceni vprašanih, medtem ko ECDL omogoča certificiranje in objektivno oceno. Relacija med DigComp in ECDL je prikazana na sliki 1, kjer so prikazane kompetence, kakor jih opredeljuje DigComp, in kateri moduli ECDL so ključni za pridobitev posameznih kompetenc. Očitno se DigComp in ECDL ne izključujeta, temveč se dopolnjujeta.

ECDL AND DIGCOMP COMPETENCES

DigComp Area	DigComp Competences	ECDL Modules
Information and Data Literacy	Browsing, searching and filtering data, information and digital content Evaluating data, information and digital content Managing data, information and digital content	Computer Essentials, Information Literacy
Communication and Collaboration	Interacting through digital technologies Sharing through digital technologies Engaging in citizenship through digital technologies Collaborating through digital technologies Netiquette Managing digital identity	Online Essentials, Online Collaboration, ICT in Education
Digital Content Creation	Developing digital content Integrating and re-elaborating digital content Copyright and licences Programming	Word Processing, Spreadsheets, Presentation, Using Databases, Advanced Word Processing, Advanced Spreadsheets, Web Editing, Image Editing, Project Planning, 2D CAD, Advanced Database, Advanced Presentation
Safety	Protecting devices Protecting personal data and privacy Protecting health and well-being Protecting the environment	IT Security
Problem Solving	Solving technical problems Identifying needs and technological responses Creatively using digital technologies Identifying digital competence gaps	Computing, ICT Troubleshooting* <small>* Coming in 2017</small>

Note: Some modules may support more than one competence area - for example, Computing relates to Programming in Digital Content Creation, as well as Problem Solving; Computer Essentials and Online Essentials both include issues relating to Safety.

Slika 1: Relacija med DigComp in ECDL (Vir: ECDL Foundation, ECDL AND DIGCOMP, Dublin 2017)

3. Ministrstvo pristojno za delo in družino naj omogoči dvig digitalnih kompetenc prebivalstva

Digitalne kompetence vseh kategorij prebivalstva, ne le delovno aktivnega, so bistvene za učinkovito uporabo informacijskih tehnologij na delovnem mestu in doma. Z dvigom digitalnih veščin bi se tudi starejša populacija intenzivneje posluževala informatiziranih storitev in zato bolje družbeno vključevala. S tem, ko bi bila digitalno bolj usposobljena, bi si odprla tudi več možnosti za morebitno vključevanje v delovna okolja, če jim tega država ne bo prepovedovala. Posledično bi se razbremenil pritisk na socialne transferje, lahko se odprejo celo nova delovna mesta, oboje pa bi država morala podpirati, saj je tudi v interesu razbremenitve državnega proračuna.

4. Ministrstvo pristojno za javno upravo naj pristopi k sistematičnemu dvigu digitalnih kompetenc javnih uslužbencev

Razpoložljive e-storitve države so pomemben prispevek za učinkovitejše delo in višjo produktivnost javne uprave in s tem za cenejšo državo.

Pomembno je, da so razvijalci in izvajalci javnih e-storitev primerno strokovno usposobljeni in kompetentni uporabniki informacijske tehnologije, če naj bodo učinkovit servis državljanov in poslovnih subjektov.

5. Ministrstvo pristojno za izobraževanje naj začne sistematično usposabljanje učitelje informatike

Pomembno je, kdo uči informatiko in kako. Če želimo, da bi bile šolajoče se generacije digitalno kompetentne, jim je treba dati ustrezna znanja in veščine že za časa izobraževanja, to pa je mogoče le, če bodo učitelji primerno usposobljeni. Digitalnih domorodcev namreč ni in če ne bodo usposobljeni učitelji, bomo imeli tudi v prihodnje digitalne samouke, kar pa nas ne bo poneslo med najrazvitejše države sveta.

6. Vsak dijak naj zapusti srednjo šolo vsaj z osnovnim certifikatom ECDL

Glede na to, da je certifikat ECDL je svetovno priznan in upoštevan *de facto* standard izkazovanja digitalnih kompetenc, bi se vsem po zaključeni srednji šoli olajšalo tako nadaljnje izobraževanje

kakor tudi vstop na trg dela in uspešnejše delo v poklicu. Vse več učnih in praktičnih vsebin se seli na svetovni splet in digitalno kompetentne osebe se bodo novih možnosti pridobivanja informacij in podatkov hitreje, učinkoviteje in uspešneje posluževale. Spričevalo o uspešno zaključeni šoli v splošnem omogoča vstop v nadaljnje izobraževanje in na trg dela, zato bi predlagana rešitev pomenila dodatno možnost za uspešnejše nadaljnje izobraževanje ali opravljanje poklica.

7. Evropski uporabniški certifikat ECDL naj se prizna in sprejme kot nacionalna poklicna kvalifikacija (NPK)

Nacionalna poklicna kvalifikacija ponuja možnost ovrednotenja in potrditve spretnosti in znanj, pridobljenih z neformalnim učenjem². Nobenega razloga ni, da ne bi bil v NPK vključen tudi certifikat ECDL. To je v interesu delodajalcev, ki se morajo zdaj zanašati na izjavo delojemalca, pa tudi v interesu delojemalcev, kar podrobneje pojasnjujemo v naslednjem predlogu. Nekatere evropske države so certifikat ECDL že priznale kot NPK.

8. Evropski uporabniški certifikat ECDL naj se upošteva kot prednostni pogoj pri zaposlovanju

Zaposlovalci praviloma želijo zaposliti kandidate, ki razumejo osnove informatike in obvladajo vsaj osnovne splošne računalniške programe (obdelava besedil, preglednice, predstavitve, informacijska varnost, spletno sodelovanje in elektronska pošta). Pri tem se morajo zanesti na besedo kandidata, da zahtevano obvlada, dejanska kompetenca pa se izkaže šele pri delu. Kateri kandidat za zaposlitev bo izjavil, da dela z računalnikom ne obvlada? Ali bi delodajalec zaposlil osebo, ki mora voziti osebni avtomobil in bi izjavila, da to zna, ne bi pa imela vozniškega izpita? Certifikat ECDL torej pomeni za delodajalca manjše tveganje, za delojemalca pa konkurenčno prednost.

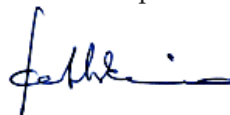
9. Pristojnost za upravljanje državnega računalniškega oblaka naj se prenesena vladno raven

Informatiki z zadovoljstvom ugotavljamo, da je bila državna informatika konsolidirana kot državni računalniški oblak (DRO). S tem je bilo vzpostavljeno izhodišče za hitrejšo in cenejše izvajanje storitev in upravljanje informacijske infrastrukture državnih organov, pa tudi uresničen pogoj za racionalnejšo uporabo proračunskih sredstev za informatiko. Vlada je že določila, da se s predpisom uredi področje kritične infrastrukture, ki je državnega pomena. DRO to vsekakor je, zato bi bilo primerno, da se pristojnosti za upravljanje, delovanje in razvoj DRO z ravni ministrstva prenesejo na vladno raven.

5. SKLEP

Verjamemo, da so predlogi uresničljivi in da podpirajo pozitivna razvojna prizadevanja. Naj pripomnimo, da v predlogih, kjer navajamo, kaj naj stori država, seveda mislimo na državni organ ali osebo javnega prava, ki ima zadevne naloge in pristojnosti. Uresničenje zgornjih predlogov je v celoti odvisno od odločitve, ali želimo postati Slovenija 4.0, torej napredna, varna in bogata družba, ki se iz sledilca razvija v voditelja. Potrebno znanje imamo, voljo tudi. Prepričani smo, da bi se po potrebi iz evropskih sredstev zlahka realiziralo financiranje potrebnih aktivnosti za uresničevanje zgornjih predlogov. Slovensko društvo INFORMATIKA je pri zadevnih projektih in aktivnostih seveda pripravljeno sodelovati. Na vas se obračamo v upanju, da boste v vladi, ki jo boste stranke oblikovale, ali v Državnem zboru zgornje predloge uresničevali in s tem pomembno pripomogli k uresničevanju našega skupnega cilja – živeti varno in v blagostanju.

Z odličnim spoštovanjem



Niko Schlamberger
Predsednik



² vir: <http://www.npk.si/>

Iz Islovarja

Islovar je spletni terminološki slovar informatike, ki ga najdete na naslovu <http://www.islovar.org>. Tokrat objavljamo zbirko »polje«. Vabimo vas, da v Islovar prispevate svoje pripombe, predloge ali nove izraze.

besedilno pólje -ega -a *s (angl. text box, textbox)*

polje (1), v katero uporabnik vstavi besedilo ali ga v njem ureja; prim. vnosno polje

delílno pólje -ega -a *s (angl. split box)*

element uporabniškega vmesnika, s katerim se razdeli okno dokumenta na dva dela za lažje urejanje večjih dokumentov; prim. okno dokumenta

kombinírano pólje -ega -a *s (angl. combo box, combobox)*

polje (1), ki združuje besedilno polje in polje s seznamom

naslôvno pólje -ega -a *s (angl. address field)*

vnosno polje za naslov prejemnika elektronskega sporočila

obvézno pólje -ega -a *m (angl. mandatory field)*

polje (1, 3), ki ne sme biti brez vrednosti; prim. neobvezno polje

orodjárna -e *ž (angl. toolbox)*

nabor pripomočkov za urejanje dokumenta

peskóvnik -a *m (angl. sandbox)*

izolirano in varovano navidezno okolje za razvoj, preizkus in izvajanje programja

pólje -a *s (angl. 1. field, 2. array, 3. data field)*

1. del okna (1), namenjen vnosu, popravljanju in pregledovanju vrednosti atributa
2. zbirka vrednosti, katerih položaj je določen z enim ali več indeksi
3. predstavitev vrednosti atributa v tabeli

pólje nadzórnega meníja -a -- -- *s (angl. control-menu box)*

majhno polje v zgornjem kotu programskega okna (1), v katerem so navadno ukazi za zapiranje, premikanje in spreminjanje velikosti okna

potrdílno pólje -ega -e *s (angl. check box, checkbox)*

polje (1) za potrditev izbire; sin. potrditveno polje

prilagodljívo pólje -ega -a *s (angl. flexfield)*

polje (1, 3) v podatkovni bazi ali uporabniškem vmesniku, ki ga uporabniki lahko prilagajajo

seznámsko pólje -ega -a *s (angl. list box, listbox)*

polje (1) za izbiro enega ali več elementov na seznamu; sin. polje s seznamom

1. elektronski obrazec, ki ga uporabnik izpolni z vpisom besedila ali klikom na gumbe in odda po internetu
2. ustaljena ali dogovorjena oblika dokumenta, ki se uporablja na spletu

spústno kombinírano pólje -ega -ega -a *s (angl. drop-down combo box)*

polje (1), ki vključuje lastnosti besedilnega in spustnega seznamskega polja; sin. padajoče kombinirano polje; prim. kombinirano polje

spústno pólje s seznamom -ega -a -- -- *s (angl. drop-down list box)*

polje (1), v katerem se ob kliku prikaže seznam razpoložljivih elementov in trenutna izbira; sin. spustno seznamsko polje; prim. kombinirano polje

urejeválno pólje -ega -a *s (angl. edit box)*

polje (1) za vnos ali urejanje vsebine; prim. vnosno polje

vnôšno pólje -ega -a *s (angl. input field)*

polje (1) za vpisovanje besedila, podatkov; prim. besedilno polje

vrtilno pólje -ega -a *s (angl. spin box)*

polje (1) za nastavitev vrednosti številčne spremenljivke iz vnaprej določenega nabora možnosti