

Znanstveni prispevki

Marko Urh, Uroš Rajkovič, Iztok Bitenc, Davorin Kofjač
ANALIZA ODPRTOKODNIH IN BREZPLAČNIH GEOGRAFSKIH
INFORMACIJSKIH SISTEMOV S POUČENJEM NA SPLETNI DOSTOPNOSTI
IN FUNKCIONALNOSTI

Matevž Pesek
PRODOR GLOBOKIH ARHITEKTUR NA PODROČJE PRIDOBIVANJA
INFORMACIJ IZ GLASBE

Tina Beranič, Alen Rajšp, Marjan Heričko
SPOZNAVANJE CELOVITIH INFORMACIJSKIH REŠITEV
Z UPORABO IGRIFIKACIJE

Strokovni prispevki

Andrej Kovačič
ALI SO SLOVENSKA PODJETJA PRIPRAVLJENA NA
DIGITALIZACIJO POSLOVANJA?

Informacije

IZ ISLOVARJA

2019 < ŠTEVILKA 1 < JAN. FEB. MAR. < LETNIK XXVII < ISSN 1318-1882

01 UPORABNA
INFORMATIKA

ISSN 1318-1882

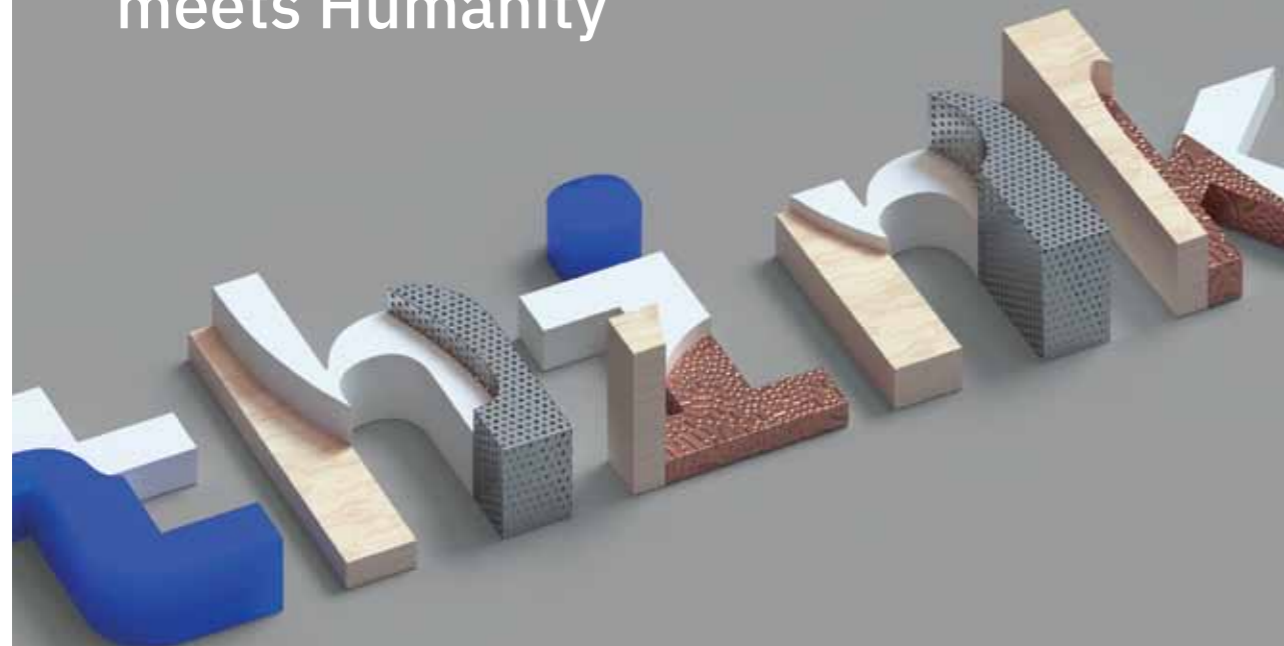


9 771318 188001

think

South East Europe

Where
technology
meets Humanity



November 6-7, 2018
Bled, Slovenia



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.



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

2019 ŠTEVILKA 1 JAN/FEB/MAR LETNIK XXVII ISSN 1318-1882

Znanstveni prispevki

Marko Urh, Uroš Rajkovič, Iztok Bitenc, Davorin Kofjač:

Analiza odprtokodnih in brezplačnih geografskih informacijskih sistemov s poudarkom na spletni dostopnosti in funkcionalnosti 3

Matevž Pesek:

Prodor globokih arhitektur na področje pridobivanja informacij iz glasbe 16

Tina Beranič, Alen Rajšp, Marjan Heričko:

Spoznavanje celovitih informacijskih rešitev z uporabo igrifikacije 26

Strokovni prispevki

Andrej Kovačič:

Ali so slovenska podjetja pripravljena na digitalizacijo poslovanja? 37

Informacije

Iz Islovarja 47

Ustanovitelj in izdajatelj

Slovensko društvo INFORMATIKA
Litostrojska cesta 54, 1000 Ljubljana

Predstavniki

Niko Schlamberger

Odgovorni urednik

Saša Divjak

Uredniški odbor

Andrej Kovačič, Evelin Krnac, Ivan Rozman, Jan Mendling,
Jan von Knop, John Taylor, Jurij Jaklič, Lili Nemeč Zlatolas,
Marko Bajec, Marko Hölbl, Miodrag Popović, Mirjana Kljajić
Borštnar, Mirko Vintar, Pedro Simões Coelho, Saša Divjak,
Sjaak Brinkkemper, Slavko Žitnik, Tatjana Welzer Družovec,
Vesna Bosilj-Vukšič, Vladislav Rajković

Recenzenti

Alenka Baggia, Bojan Rosi, Denis Trček, Igor Bernik, Janez Demšar,
Jure Erjavec, Luka Tomat, Marjan Heričko, Marko Hölbl, Matevž
Pesek, Matija Marolt, Mihaela Triglav Čekada, Mirjana Kljajić
Borštnar, Mojca Indihar Štemberger, Monika Klun, Niko Lukač,
Niko Schlamberger, Peter Trkman, Saša Divjak, Slavko Žitnik,
Štefan Kohek, Vladislav Rajković, Živa Rant

Tehnični urednik

Slavko Žitnik

Lektoriranje izvlečkov

Marvelingua (angl.)

Oblikovanje

KOFEIN DIZAJN, d. o. o.

Prelom in tisk

Boex DTP, d. o. o., Ljubljana

Naklada

200 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 odprtokodnih in brezplačnih geografskih informacijskih sistemov s poudarkom na spletni dostopnosti in funkcionalnosti

Marko Urh, Uroš Rajkovič, Iztok Bitenc, Davorin Kofjač
 Univerza v Mariboru, Fakulteta za organizacijske vede, Kidričeva cesta 55a, 4000 Kranj
 marko.urh@um.si; uros.rajkovic@um.si; iztok.bitenc@um.si; davorin.kofjac@um.si

Izvleček

Prispevek opisuje analizo in izbiro odprtokodnih in brezplačnih geografskih informacijskih sistemov. V uvodnem delu je prikazan pomen geografskih informacijskih sistemov in odprtokodne programske opreme. Sledi predstavitev odprtokodne in brezplačne programske opreme ter njenih značilnosti. Odprtokodna in brezplačna programska oprema ima svoje prednosti in slabosti. Prispevek opisuje geografske informacijske sisteme, podatkovni koncept geografskih informacijskih sistemov, njihove funkcionalnosti ter namen in področja uporabe. Za analizo in ocenjevanje so bili izbrani nekateri najvidnejši predstavniki odprtokodnih in brezplačnih geografskih informacijskih sistemov. Analizirane so bile funkcije geografskih informacijskih sistemov. V prispevku so opisani nekateri kazalniki uradnih spletnih strani sistemov, kot so PageRank, TrustRank, GlobalRank, Bounce Rate in drugi. Ocena posameznega geografskega informacijskega sistema je bila narejena na podlagi večparametrskega odločitvenega modela, ki je temeljil na metodi Kepner-Tregoe. Na izbiro geografskega informacijskega sistema vpliva veliko dejavnikov, zato izbira ni preprosta.

Ključne besede: informacijski sistemi, geografski informacijski sistemi, odprtokodni in brezplačni geografski informacijski sistemi, večparametrsko odločanje.

Abstract

The paper illustrates the analysis and selection of open source and free geographic information systems. It first explains the terms geographic information systems and open source software and then presents the free and open source software focusing on its most salient features. We also look into the free and open source software advantages and disadvantages and describe geographic information systems, the concept of data in geographic information systems, functionalities as well as their purposes and applications. We closely look at some of the most prominent representatives of open source and free geographic information systems, which were selected for further analysis and evaluation. The functions of geographic information systems are also analysed in more detail. The paper also describes some of the indicators of the official websites of these systems, such as PageRank, TrustRank, GlobalRank, Bounce Rate etc. The assessment of the geographic information system was made using a multi-criteria decision model based on the Kepner-Tregoe method. The choice of the geographic information system is influenced by many factors and the decision for the best one is by no means an easy one.

Keywords: Information systems, geographic information systems, open source and free geographic information systems, multi-criteria decision making.

1 UVOD

Informatika je danes prisotna na večini strokovnih in znanstvenih področij. Zasledimo jo lahko v takšni ali drugačni obliki tako v poslovnem kot v zasebnem življenju. Področje geografije pri tem ni izjema. Na področju obdelave podatkov s prostorsko komponento so v svetu najbolj poznani in razširjeni tako imenovani geografski informacijski sistemi – GIS (angl. Geographic Information Systems). Namenjeni so pridobivanju podatkov, njihovi obdelavi, upravljanju, predstavitvi, analiziranju, shranjevanju in drugim funkcijam, povezanim s prostorskimi podatki. Geografski informacijski sistemi so izredno zmogljivi, saj omogočajo nove poglede in prikaze podatkov, kot so vzorci, odnosi in situacije, ki so v pomoč pri odločanju (ESRI, 2018). Tako kot pri večini programske opreme se tudi na področju geografskih informacijskih sistemov lahko odločamo za plačljive oz. licenčne sisteme ali odprtokodne in brezplačne sisteme. Vsi imajo svoje prednosti in slabosti. Značilnost odprtokodnih in brezplačnih geografskih sistemov je, da jih večinoma razvija širša skupnost, imajo številne vtičnike, številne uporabniške forume z naveti in podporo, omogočajo tako rekoč vse funkcije, ki jih lahko zasledimo v plačljivih sistemih, in drugo. Vseeno pa odločitev in izbira geografskega informacijskega sistema ni preprosta. Zato je dobro temeljito poznati določene kritične elemente, ki vplivajo na odločitev. V procesu odločanja se srečamo z določenimi aktivnostmi, ki imajo za posledico izbrano alternativo, kot so (Bohanec, 2006, str. 3): »spoznavanje odločitvenega problema; zbiranje in preverjanje informacij; identifikacija alternativ; predvidevanje posledic odločitve; odločitev, to je izbira alternative na osnovi presoje, osnovane na zbranih informacijah; obveščanje o določitvi in razlogih zanjo; vrednotenje odločitve«. Omenjena priporočila, vezana na odločitev in kasneje izbiro za neki geografski informacijski sistem je pametno upoštevati. Zato je izbira posameznega geografskega informacijskega sistema izredno zahtevna naloga. V nadaljevanju so predstavljene značilnosti odprtokodne in brezplačne programske opreme, ki jim sledi predstavitev geografskega informacijskega sistema. Glavni poudarek je v prikazu funkcionalnosti in kasneje izbiri sistema, ki je bila opravljena s pomočjo večparametrskega odločitvenega modela.

2 ODPRTOKODNA IN BREZPLAČNA PROGRAMSKA OPREMA

Kot je bilo že omenjeno v uvodu, na svetu obstajata plačljiva oz. licenčna programska oprema in brezplačna programska oprema. Vsaka ima svoje značilnosti, prednosti in slabosti. Uporaba in izbira sta pogosto vezani na posameznikove ali organizacijske preference, ki naj bi bile čim bližje optimalnim potrebam in zahtevam. Organizacija Open Source Initiative (2007) opredeljuje kriterije, ki definirajo odprtokodno programsko opremo:

- brezplačna distribucija – licenca ne sme omejevati nobenega uporabnika v smislu prodaje ali dajanja programske opreme kot sestavnega dela neke večje programske opreme, ki vsebuje programe iz več virov;
- izvorna koda – program mora vključevati izvorno kodo in omogočati distribucijo v izvorni kodi kot tudi v drugi obliki;
- izpeljanke kode – licence morajo omogočati, da spremenjene in drugače izpeljane verzije distribuiramo pod enakimi pogoji kot licence prvotne programske opreme;
- integriteta avtorske izvorne kode – licenca lahko omeji izvorno kodo pred distribuiranjem v spremenjeni obliki le pod pogojem, da licenca omogoča distribucijo popravkov datotek z izvorno kodo za namen spremembe programa v času izdelave;
- brez diskriminacije proti osebam ali skupinam – licenca ne sme diskriminirati nobene osebe ali skupine oseb;
- brez diskriminacije na različnih interesnih področjih – licenca ne sme biti omejevalne narave;
- distribucija licence – pravice, vezane na program, morajo veljati za vse, za katere se program distribuira, brez kakršnega koli dodatnega licenciranja;
- licenca ne sme biti specifična za izdelek – pravice, povezane s programom, ne smejo biti odvisne od programa, ki je del določene distribucije programske opreme;
- licenca ne sme omejevati druge programske opreme – licenca ne sme omejiti druge programske opreme, ki se distribuira skupaj z licencirano programsko opremo;
- licenca mora biti tehnološko nevtralna – nobena določba licence ne sme temeljiti na nobeni posamezni tehnologiji ali vmesniku.

Odprtokodna programska oprema ima nekatere prednosti, kot so (Bridge, 2018):

- osnovna značilnost odprtokodne programske opreme je, da je večinoma brezplačna;
- z uporabo odprtokodne programske opreme niste zavezani k uporabi drugih programskih paketov ali licenc;
- odprtokodna programska oprema je neprestano v razvoju, saj omogoča, da jo različni razvijalci po vsem svetu dodajajo in spreminjajo; posledica tega je kakovostna in varnejša programska oprema z manj napakami (hrošči);
- odprtokodna programska oprema omogoča poljubno spreminjanje in prilagajanje lastnim potrebam, kar pa ni mogoče ali celo dovoljeno pri večini komercialne plačljive programske opreme.

Odprtokodna programska oprema ima poleg prednosti tudi pomanjkljivosti (Bridge, 2018):

- pomanjkanje potrebe po razvoju komercialne programske opreme je lahko vzrok, da se odprtokodna programska oprema razvija bolj v skladu z željami njenih razvijalcev kot pa v skladu s končnimi uporabniki oz. njihovimi potrebami;
- uporabniški vmesniki so lahko pri odprtokodni programski opremi manj prilagojeni številnim končnim uporabnikom, saj je v fazi razvoja lahko manj časa posvečeno prav temu delu;
- za razliko od komercialne programske opreme je pri odprtokodni programski opremi manj tehnične in druge podpore, ko se pojavijo težave;
- odprtokodna programska oprema je večinoma brezplačna, lahko pa se pojavijo stroški, vezani na zunanjo podporo, ali stroški, povezani s svetovanjem;
- pri identifikaciji programskih težav (hrošči) lahko nekateri, ki identificirajo napako, zamolčijo napako in jo zlorabijo.

Morgan in Finnegan (2007) v raziskavi, opravljeni na področju odprtokodnih programov, opisujeta določene prednosti in slabosti tehničnih ter poslovnih programov.

Prednosti:

- tehnične: večja zanesljivost in varnost, boljša kakovost, bolj prilagodljiva uporaba, velika skupnost razvijalcev in ljudi, ki testirajo programe, in drugo;
- poslovne: nižji stroški, prilagodljivost, vezana na licence, ni vezave na določenega proizvajalca,

večja stopnja sodelovanja, inovacije, dodatne poslovne funkcije in drugo.

Slabosti:

- tehnične: manj in težje združljivo z drugimi programi, manj strokovnega znanja, slabše dokumentiranje, različni vmesniki, pomanjkanje razvojnih načrtov ter določenih funkcionalnosti;
- poslovne: manj podpore uporabnikom, dostop do izvorne kode, manj tržne usmerjenosti, stroški, povezani z izobraževanjem, in iskanje kadra.

Free Software Foundation (FSF) opredeljuje brezplačno programska opremo kot opremo, ki ima določene lastnosti, kot so (FSF, 2018):

- svoboda poganjanja programa po lastni želji in z lastnim namenom;
- svoboda preučevanja programa v smislu, kako program deluje in njegovo svobodno spreminjanje; predpogoj je dostop do izvorne programske kode;
- svobodna distribucija kopij programa;
- svobodno distribuiranje kopij, ki smo jih sami spremenili, drugim osebam. S tem je celotni skupnosti omogočeno izkoriščanje spremenjenega programa. Predpogoj je dostop do izvorne programske kode.

Odprtokodna programska oprema je pogosto tudi brezplačna programska oprema in obratno. Odprtokodno in brezplačno programska opremo lahko najdemo na različnih področjih. Yoders, Crudello in Holland (2010) navajajo najbolj znane predstavnike odprtokodne in brezplačne programske opreme v uporabi (abecedni vrstni red): baze podatkov, brskalniki, dokumentacijski sistemi, operacijski sistemi, programska oprema za delo s slikami, programska oprema za proizvodnjo, različna specifična programska orodja in drugo. Med odprtokodno in brezplačno programska opremo najdemo tudi geografske informacijske sisteme.

3 GEOGRAFSKI INFORMACIJSKI SISTEMI

Geografski informacijski sistemi so računalniški sistemi, ki omogočajo naslednje funkcije za obdelavo geografskih podatkov (Huisman, de By, 2009): zbiranje in priprava podatkov, upravljanje podatkov, vključno s shranjevanjem in vzdrževanjem, obdelava in analiza podatkov in predstavitev podatkov. Or-

organizacija ESRI (2018) predstavlja geografski informacijski sistem kot podlago za zbiranje, upravljanje in analizo podatkov ter integracijo veliko različnih podatkov v znanosti o geografiji. Omenjena organizacija navaja nekaj najbolj značilnih opravil, ki jih omogočajo geografski informacijski sistemi, in sicer analiziranje prostorskih lokacij, organiziranje različnih slojev informacij v vizualne prikaze z uporabo zemljevidov, 3D-prikazi in drugo.

Podatki v geografskih informacijskih sistemih so shranjeni v podatkovnih bazah. Prikazujejo se kot posamezne teme oz. plasti (angl. Layers). Prikazovanje različnih plasti na eni sliki daje geografskemu informacijskemu sistemu veliko spoznavno moč, ki ima za posledico nova spoznanja in uvide. Slika 1 prikazuje osnovni koncept prikaza podatkov v geografskem informacijskem sistemu. Haseeb (2013) navaja nekatere razloge za uporabo podatkovnih tem v geografskem informacijskem sistemu: 1) omogočeno je kreiranje novih tem; 2) preprosto odkrivanje novih povezav med različnimi temami; 3) omogočeno je kombiniranje različnih tem; 4) podatki so logično razdeljeni in prikazani na svoji temi.

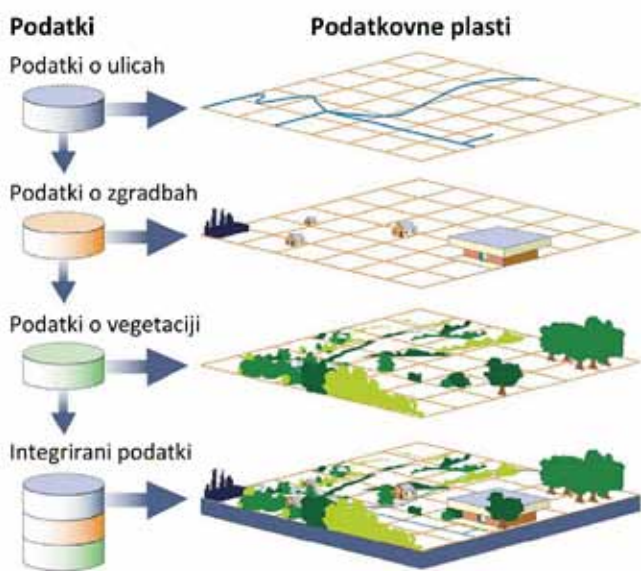
GISgeography (2018a) zelo preprosto povzema štiri osnovne funkcije, ki jih imajo geografski informacijski sistemi – ustvarjanje geografskih podatkov, upravljanje geografskih podatkov, analiziranje geografskih podatkov in prikazovanje podatkov na zemljevidu. Geografski informacijski sistem lahko

uporabljamo za različne funkcije in namene. Nekaterे izmed njih so (po abecednem vrstnem redu) (GrindGIS, 2015; ZRC SAZU, 2019): bančništvo, geologija, gozdni požari, identifikacija določenih lokacij, informacije o zemljiščih, kmetijstvo, kriminal in nesreče, okolje, poslovanje, naravne nesreče, transport, prostorska uporaba, turizem, upravljanje živali, zatiranje škodljivcev in drugo.

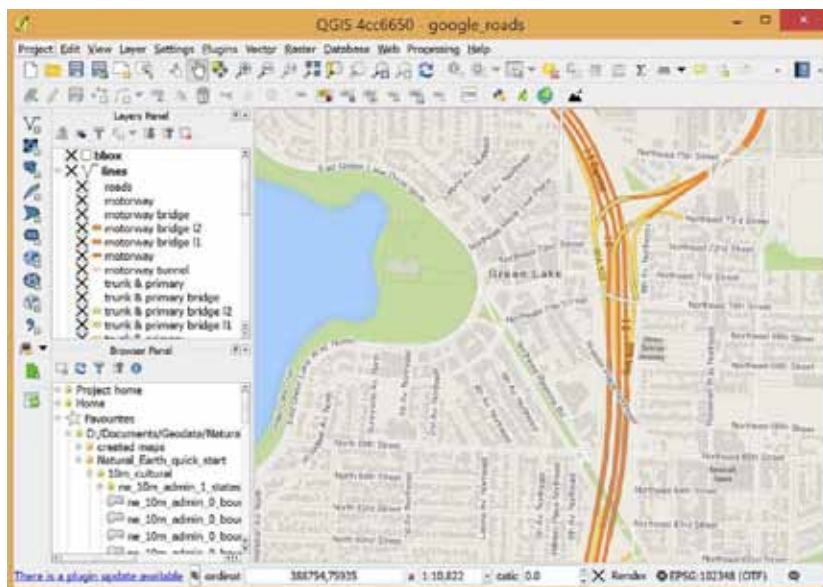
4 ANALIZA FUNKCIJ IN ZNAČILNOSTI ODPRTOKODNIH IN BREZPLAČNIH GEOGRAFSKIH INFORMACIJSKIH SISTEMOV

Sodobni in tehnično razviti geografski informacijski sistemi vključujejo številne funkcije, ki omogočajo delo z geografskimi podatki. Seveda obstajajo razlike med posameznimi sistemi glede funkcij, ki jih omogoča posamezni sistem. Prav tako obstajajo razlike med plačljivimi oz. licenčnimi ter odprtokodnimi in brezplačnimi geografskimi sistemi. Za potrebe prispevka smo s pomočjo spletnih iskalnikov in ključnih besed, kot so geographic information systems, open source geographic information systems, free geographic information systems, GIS, geografski informacijski sistemi, odprtokodni in brezplačni geografski informacijski sistemi, poiskali ter nato izbrali po našem mnenju najbolj reprezentativne sisteme in jih vključili v analizo. Seveda bi bil lahko nabor še večji oziroma drugačen, vendar je bil delni cilj prispevka nadaljevati ter predvsem razširiti raziskavo z vidika ocenjevanja odprtokodnih in brezplačnih geografskih informacijskih sistemov, ki jo je izvedel Urh (2018). Izbranih je pet odprtokodnih in brezplačnih geografskih informacijskih sistemov (abecedi red): GRASS GIS, gvSIG, QGIS, SAGA in uDig.

QGIS – Quantum GIS (<https://www.qgis.org/>). Organizacija GISgeography (2018b) omenja, da je bil QGIS predhodno poznan pod imenom Quantum GIS in da QGIS spada med vidnejše predstavnike odprtokodnih in brezplačnih geografskih informacijskih sistemov, s katerimi lahko ustvarjamo, urejamo, vizualiziramo, analiziramo in objavljamo prostorske informacije. V QGIS je na voljo več kot 400 vtičnikov in omogoča integracijo CAD-podatkov, izdelavo različnih kart, uporabo podatkov OpenStreetMap, analize LiDAR (angl. LIght raDAR) LAStools, analize omrežij in drugo. QGIS ima tudi široko skupnost razvijalcev. QGIS ima številne prednosti, kot so: razširitvene funkcionalne možnosti z vtičniki, estetska kartografija in označevanje, velika uporabniška baza,



Slika 1: Podatkovni koncept geografskega informacijskega sistema (DOF, 2014)

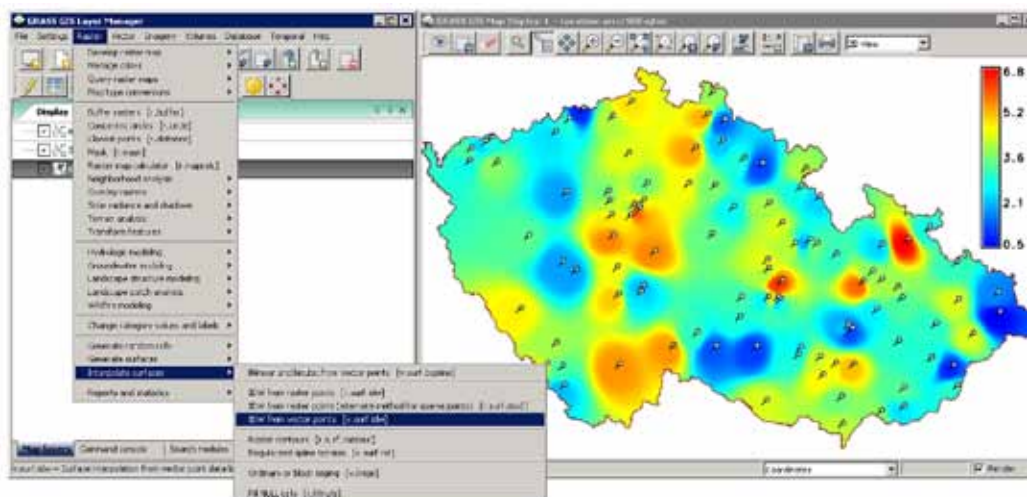


Slika 2: Uporabniški vmesnik v QGIS-u (QGIS, 2018a)

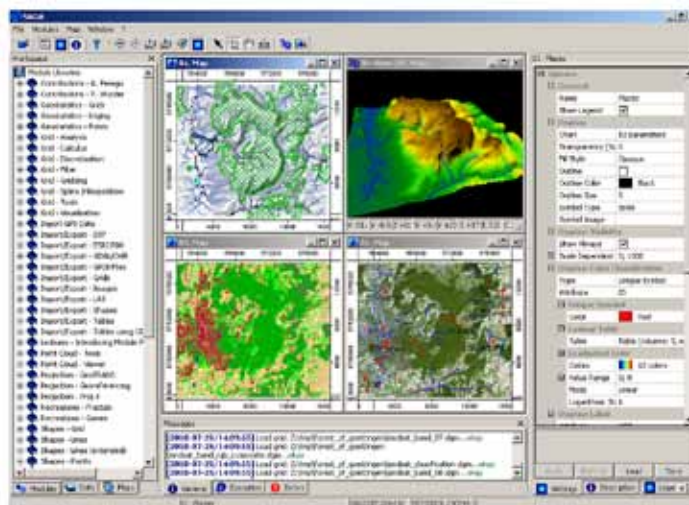
spletna podpora in temeljita dokumentacija; QGIS je večnamenski; QGIS je odprtokodni program, podprt s široko skupnostjo. QGIS ima tudi pomanjkljivosti. Največja med njimi je slaba organiziranost vtičnikov in orodij (GISgeography, 2018b).

GRASS GIS – Geographic Resources Analysis Support System (<https://grass.osgeo.org/>). Organizacija GISgeography (2018b) omenja, da GRASS GIS spada med odprtokodne in brezplačne geografske informacijske sisteme, ki ga je razvila ameriška vojska. GRASS GIS se je uveljavil kot sistem, ki se je zelo hitro razvijal in se dobro uveljavil predvsem v akademskih krogih. V GRASS je na voljo več kot

350 modulov za analizo, v katero so vključene možnosti za upravljanje podatkov, obdelavo slik, grafično produkcijo, prostorsko modeliranje in vizualizacijo. Nekateri najbolj znani uporabniki GRASS GIS so NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), NASA (National Aeronautics and Space Administration), USGS (US Geological Survey) in drugi. GRASS GIS ima številne prednosti, kot so: procesiranje geografskih podatkov in obdelava, analize LiDAR (angl. Light raDAR) in analize omrežij, obsežna dokumentacija za pomoč. Nekatere slabosti so počasno učenje uporabe GRASS GIS; ne preveč uporabniško prijazen grafični vmesnik



Slika 3: Uporabniški vmesnik v GRASS GIS (GRASS GIS, 2018b)



Slika 4: Uporabniški vmesnik v SAGA GIS (OSGeoLive, 2018a)

in definiranje projektov ob začetku (GISgeography, 2018b).

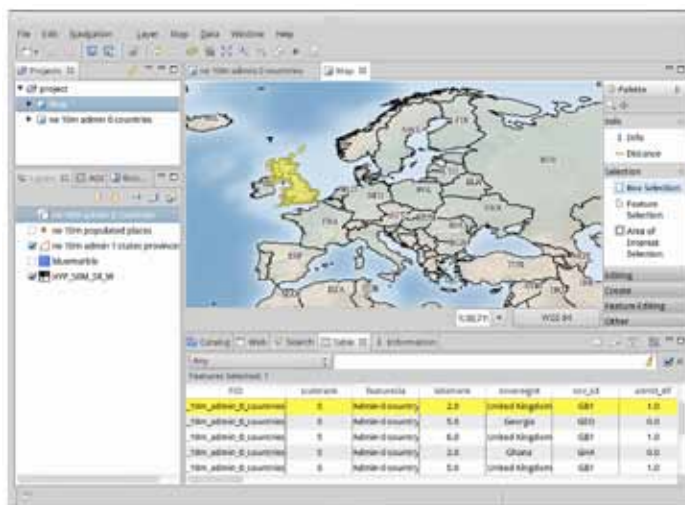
SAGA GIS – System for Automated GeoScientific Analysis (<http://www.saga-gis.org>). Organizacija GISgeography (2018b) omenja, da je SAGA robusten odprtokoden in brezplačen geografski informacijski sistem, namenjen bolj zahtevnim opravilom. Omogočeno je več kot 300 modulov za vizualizacijo in obdelavo rastrskih in vektorskih podatkov. Prav tako je omogočeno shranjevanje, upravljanje in ustvarjanje prostorskih podatkov. Omogočena je uporaba in nastavitve več oken (histogrami, podatkovni atributi, pogledi zemljevidov, postavitve tiskanja, razpršitev ploskev in drugo). Nekatere prednosti SAGA so: nabor orodij za geografske znanosti, izjemno močan za delo s podatki s terena in obdelavo rastrskih podat-

kov, prevajalnik ukazne vrstice. Nekatere slabosti so: slaba kartografija in linijski ter točkovni simboli in pomanjkljiva dokumentacija za nekatera orodja (GISgeography, 2018b).

gvSIG – Generalitat Valenciana, Sistema d'Informació Geogràfica (<http://sig.cea.es/>). Organizacija GISgeography (2018b) omenja, da ima gvSIG svoje začetke v Španiji. gvSIG omogoča obdelavo, zajem, shranjevanje in reševanje zapletenih geografskih problemov. Poudarek je na delu z vektorskimi in rastrskimi formati in na prijaznem uporabniškem vmesniku. gvSIG ponuja vrsto orodij, kot so poizvedbe, geoprociranje, analiza omrežij in drugo. Nekatere prednosti gvSIG so: preprost grafično-uporabniški vmesnik, dobra dokumentacija, 3D-zmogljivosti in zmogljiva CAD-orodja, razvita je mobilna aplikacija,



Slika 5: Uporabniški vmesnik v gvSIG (Wikimedia, 2018)



Slika 6: Uporabniški vmesnik v uDig (OSGeoLive, 2018b)

na splošno zelo intuitivna uporaba in stabilna platforma. Slabost omenjenega sistema pa je zelo majhna skupnost uporabnikov (GISgeography, 2018b).

uDig – sestavljen iz uDig, JGrass in DivaGIS (<http://udig.refractions.net/>). Organizacija GISgeography (2018b) omenja, da je uDig uporabniku prijazen namizni geografski informacijski sistem, ki so ga razvili v organizaciji Refractions Research. Ta razvija in vzdržuje uDig in PostGIS, ki sta standardni prostorski bazi podatkov odprtega vira. uDig je delovna odprtokodna namizna aplikacija, ki spada med odprte razvojne platforme. Glavni fokus omenjenega sistema je pregledovanje in urejanje baz podatkov z bogato zbirko orodij in funkcij. Izjemno dobra lastnost uDig je dobra dokumentacija. Slabosti uDig pa so: ne ravno najboljše kartografska orodja in analize, nove različice

programa so manj pogoste v primerjavi z drugimi odprtokodnimi sistemi (GISgeography, 2018b).

Vsi predstavljeni odprtokodni in brezplačni geografski informacijski sistemi imajo svoje funkcionalnosti, ki se razlikujejo od sistema do sistema. V tabeli 1 so predstavljene nekatere najbolj značilne in pomembne funkcije omenjenih sistemov in na koncu tudi seštevek vseh funkcij.

Za potrebe analize in ocene izbranih odprtokodnih in brezplačnih geografskih informacijskih sistemov smo uporabili seštevek omogočenih funkcij posameznih sistemov (tabela 1) in nekatere kazalnike uradnih spletnih strani omenjenih sistemov. Omenjene karakteristike so prikazane v tabeli 2 in pojasnjene v nadaljevanju:

Tabela 1: Lastnosti izbranih odprtokodnih in brezplačnih geografskih informacijskih sistemov (prirejeno po GRASS GIS, 2018a; gvSIG, 2018; QGIS, 2018b; SAGA, 2018; uDig, 2018; Matrix3, 2018; Urh, 2018; Wikipedia, 2018)

Geografski informacijski sistem – naziv	GRASS GIS	gvSIG	QGIS	SAGA	uDig
Verzija	GRASS 6.4.0	Version 2.4	QGIS 3.2	SAGA 2.0.2	Version 1.1-RC12
DMR orodja (ustvarjanje terena – TIN)	Da	Da	Da*	Da	
DMR orodja (terenska analiza – naklon, usmerjenost ...)	Da	Da	Da*	Da	
DMR orodja (pogledi)	Da	Da	Da*	Da	
Funkcija skriptiranja	Bash Python Perl	Jython	Python	Python	Groovy BeanShell
Izdelava histogramov	Da*	Da			Da*
Izbiranje/delno izbiranje (kalkulator za attribute)	Da	Da		Da	
Izbiranje/delno izbiranje (orodje za nadzor kakovosti)	Da	Da			Da
Izbiranje/delno izbiranje (združevanje tabel)	Da	Da	Da*	Da	

Izdelava in urejanje vektorskih podatkov (risanje in urejanje)	Da	Da	Da	Da	Da
Orodja za analizo slik (georeferenciranje)	Da	Da	Da*	Da	
Orodja za analizo slik (ortorektifikacija)	Da			Da	
Orodja za analizo slik (filtriranje)	Da	Da	Da*	Da	
Orodja za generalizacijo (poenostavitev linij)	Da	Da	Da*	Da	Da
Orodja za raziskovanje podatkov (histogrami)	Da	Da	Da		
Orodja za raziskovanje podatkov (razvrstitve)	Da	Da	Da*	Da	
Podpora različnih projekcij/CRD	Da	Da	Da	Da	Da
Podprti operacijski sistemi	Windows Linux MacOSX BSD	Windows Linux MacOSX	Windows Linux MacOSX BSD	Windows Linux MacOSX BSD	Windows Linux MacOSX
Podprti standardi OGC	3	5	2	0	7
Poizvedbe	Da	Da	Da		Da
Poizvedbe nad bazami podatkov (SQL)	Da		Da		
Stili/kartiranje (točke)	Da	Da	Da	Da	Da
Stili/kartiranje (linije)	Da	Da	Da	Da	Da
Stili/kartiranje (poligoni)	Da	Da	Da	Da	Da
Stili/kartiranje (označevanje besedila)	Da	Da	Da	Da	Da
Tematsko kartiranje (grafikoni)	Da		Da	Da	
Tematsko kartiranje (razvrstitve)	Da	Da	Da	Da	Da
Tiskanje	Da	Da	Da	Da	Da
Ustvarjanje topologije (hitro urejanju topologije)	Da				
Ustvarjanje topologije (triangulacija – ravninska)	Da			Da	
Uvod in izvoz podatkov (branje rastrskih plasti)	Da	Da	Da	Da	Da
Uvod in izvoz podatkov (branje vektorskih plasti)	Da	Da	Da*	Da	Da
Uvod in izvoz podatkov (branje tabelarnih podatkov)	Da*	Da	Da	Da	
Uvod in izvoz podatkov (branje baz podatkov)		Da	Da	Da	Da
Uvod in izvoz podatkov (pisanje rastrskih plasti)		Da		Da	Da
Uvod in izvoz podatkov (pisanje vektorskih plasti)	Da	Da	Da	Da	Da
Uvod in izvoz podatkov (pisanje tabelarnih podatkov)		Da		Da	
Uvod in izvoz podatkov (pisanje baz podatkov)	Da*	Da	Da*		Da
Število podprtih jezikov	18	13	26	2	5
Spletne kartografske storitve	Da*		Da		
Vektorska orodja za prostorsko analizo (interpolacija)	Da	Da	Da*	Da	
Vektorska orodja za prostorsko analizo (prostorska statistika)	Da*	Da	Da*	Da	
Vektorska orodja za prostorsko analizo (cone oddaljenosti – medpomnenje)	Da	Da	Da*		Da
Vektorska orodja za prostorsko analizo (združevanje oblik glede na attribute)	Da	Da			
Vektorska orodja za prostorsko analizo (združevanje prostorskih atributov)	Da	Da	Da*		
Vektorska orodja za prostorsko analizo (analiza prostorske korelacije)	Da*	Da		Da	
3D-pogledi	Da		Da*	Da	
Omogočene funkcije	41	37	34	32	21

Opomba: (*) zahteva uporabo podpornega programa: R, GRASS-funkcije preko GRASS-vtičnikov in drugo.

- PR (angl. PageRank) – Ocena, ki jo izračuna algoritem za analizo povezav, ki ga uporablja Google, da pomaga določiti relativni pomen spletne strani (Adams, 2013).
- EB (angl. External Backlinks) – Povratne zunanje povezave, znane tudi kot vhodne povezave, so povezave do spletne strani. V osnovni terminologiji je povratna povezava vsaka povezava, ki jo prejme spletno vozlišče (spletna stran, imenik, spletna stran ali domena najvišje ravni) iz drugega spletnega vozlišča (Björneborn in Ingwersen, 2004).
- GR (angl. Global Rank) – Groba ocena priljubljenosti spletne strani. Razvrstitev se računa kot kombinacija povprečnih dnevniških obiskovalcev na strani in ogledov strani na tej spletni strani v zadnjih treh mesecih. Ocena se dnevno posodablja (Alexa, 2018).
- BR (angl. Bounce Rate) – Pomeni odstotek obiskovalcev na določenem spletnem mestu, ki zapustijo spletno mesto po ogledu samo ene strani (Rouse, 2018).
- DPVpV (angl. Daily Pageviews per Visitor) – Pomeni povprečno število ogledanih strani na obiskovalca na dan (Alexa, 2018).
- DToS (angl. Daily Time on Site) – Povprečno število minut, ki jih uporabnik preživi na spletni strani na dan (Alexa, 2018).
- TSLI (angl. Total Sites Linking In) – Pomeni število povezav, ki kažejo na določeno spletno stran (Alexa, 2018).
- TR (angl. TrustRank) – TrustRank lahko opredelimo kot pokazatelja, s katerim se merijo tako imenovani »zaupni signali« in s katerim se ocenjuje, ali so glavni signali rangiranja (povezave in vsebina) legitimni. TrustRank služi spletnim iskalnikom tudi kot pomoč proti spletni neželeni vsebini (Dean, 2018).
- Funkcije – Seštevek vseh funkcij posameznega odprtokodnega in brezplačnega geografskega informacijskega sistema (tabela 1).

5 OCENA ODPRTOKODNIH IN BREZPLAČNIH GEOGRAFSKIH INFORMACIJSKIH SISTEMOV

Po analizi funkcionalnosti izbranih geografskih informacijskih sistemov je bilo opravljeno ocenjevanje. Za izhodišče ocenjevanja je bil uporabljen večparametriški odločitveni model, ki temelji na metodi Kepner-Tregoe (Kepner, Tregoe, 1981). Omenjeni model so uporabili za ocenjevanje na različnih področjih (Moseley idr., 2008), med drugim za ocenjevanje spletnih strani za e-izobraževanje (Pintar, Jereb, Vukovič, Urh, 2015). Bohanec (2006) opisuje metodo Kepner-Tregoe kot metodo, ki omogoča številčno ocenjevanje (kvantitativno) ali simbolično (kvalitativno) glede na posamezne parametre. Dobljene delne ocene so podlaga za postopek združevanja, ki poda končno oceno za vsako alternativo, ki je v našem primeru posamezni geografski informacijski sistem. Najboljša izbira je alternativa z najvišjo oceno.

Tabela 2 prikazuje vrednosti izbranih alternativ po izbranih devetih parametrih. Podatke smo pridobili na spletu, kjer so prosto javno dostopni in so podlaga za izračun ocen po posameznih kriterijih. Posamezni značilnosti geografskega informacijskega sistema (npr. značilnost funkcije) smo določili minimalno in maksimalno vrednost oz. najboljšo in najslabšo vrednost, kot je razvidno iz tabele 2. Nato smo najboljši vrednosti pri posamezni značilnosti (npr. funkcije) določili vrednost ena, najslabši pa vrednost nič. Vrednosti oz. ocene geografskih informacijskih sistemov so določene s pomočjo linearne interpolacije med vrednostima najboljše in najslabše alternative in so prikazane v tabeli 3. Tako npr. alternativa, katere numerična vrednost je enaka aritmetični sredini med najboljšo in najslabšo vrednostjo, prejme oceno 0,5. Alternativa GRASS je pri značilnostih funkcije prejela oceno 1, alternativa gvGIS 0,80, QGIS 0,65, SAGA 0,55 in uDig 0,00 po istem parametru. Na opisani način so bile določene vse vrednosti tudi za druge značilnosti geografskih informacijskih sistemov (PR, EB, GR, BR, DPVpV, DToS, TSLI in TR) (tabela 3).

Tabela 2: Značilnosti spletnih strani in omogočenih funkcij odprtokodnih in brezplačnih geografskih informacijskih sistemov (Checkpagerank, 2018; Alexa, 2018; SEOmastering, 2018)

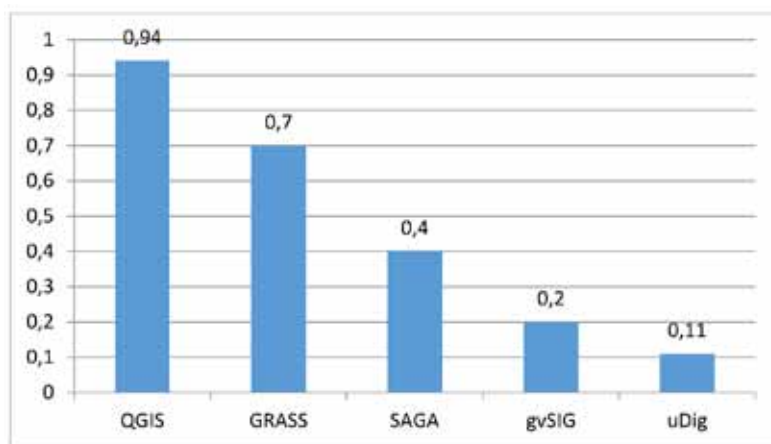
Naziv GIS-a	Funkcije	PR	EB	GR	BR	DPVpV	DToS	TSLI	TR
GRASS GIS	41	6	215.774	69.668	59,10	2,10	2:24 min	2.894	4,76
gvSIG	37	4	17.625	1.046.857	72,20	1,60	1:59 min	306	2,14
QGIS	34	6	997.621	27.765	52,80	2,85	3:11 min	3.324	6,78
SAGA	32	4	10.742	554.042	46,90	2,60	1:39 min	322	3,67
uDig	21	5	91.985	1.226.355	69,00	1,20	1:26 min	1.069	0,67
Minimalna vrednost	21	4	10.742	27.765	46,90	1,20	1:26 min	306	0,64
Maksimalna vrednost	41	6	997.621	1.226.355	72,20	2,85	3:11 min	3.324	6,78
Najboljša vrednost	41	6	997.621	27.765	46,90	2,85	3:11 min	3.324	6,78
Najslabša vrednost	21	4	10.742	1.226.355	72,20	1,20	1:26 min	306	0,64
Povprečna vrednost	33	5	266.749	584.937	60,00	2,07	2:07 min	1.583	3,60
Standardni odklon	7	1	416.808	548.106	10,65	0,68	0:41 min	1.434	2,36

Tabela 3: Ocene alternativ po posameznih parametrih

Naziv GIS-a	Funkcije	PR	EB	GR	BR	DPVpV	DToS	TSLI	TR	Povprečna vrednost ocen
GRASS	1,00	1,00	0,21	0,97	0,52	0,55	0,55	0,86	0,67	0,70
gvSIG	0,80	0,00	0,01	0,15	0,00	0,24	0,31	0,00	0,24	0,20
QGIS	0,65	1,00	1,00	1,00	0,77	1,00	1,00	1,00	1,00	0,94
SAGA	0,55	0,00	0,00	0,56	1,00	0,85	0,12	0,01	0,49	0,40
uDig	0,00	0,50	0,08	0,00	0,13	0,00	0,00	0,25	0,00	0,11

Rezultati povprečnih vrednosti normiranih ocen po kriterijih geografskih informacijskih sistemov so prikazani na sliki 7. Ocena izbranih geografskih informacijskih sistemov pokaže, da se v našem primeru najbolje izkaže QGIS s povprečno vrednostjo ocen po posameznih kriterijih, ki znaša 0,94. Kot smo že

omenili, ocena temelji na več faktorjih, značilnih za uradne spletne strani omenjenih sistemov in funkcionalnosti sistemov. Pri izbiri odprtokodnega in brezplačnega geografskega informacijskega sistema moramo upoštevati različne elemente in ne zgolj samo funkcionalnosti.



Slika 7: Izračunane povprečne ocene odprtokodnih in brezplačnih geografskih informacijskih sistemov glede na izbrane parametre

Kot smo že omenili, je imel QGIS največjo povprečno vrednost normiranih ocen po posameznih kriterijih (0,94). QGIS je bil najboljše ocenjen po parametrih PR, EB, GR, DPVpV, DToS, TSLI in TR. Nadpovprečne ocene je imel pri parametrih funkcije in BR. Podpovprečnih vrednosti glede na druge alternative nima (tabela 3).

Drugo uvrščeni je GRASS, ki ima povprečno vrednost normiranih ocen po posameznih kriterijih 0,7. GRASS je prejel najboljše ocene po dveh parametrih, in sicer po številu funkcij in PR. Nadpovprečne ocene je imel pri parametrih GR, BR, DPVpV, DToS, TSLI in TR. Podpovprečno vrednost zasledimo pri parametru EB (tabela 3).

Najslabše uvrščeni je bil v našem izboru uDig, ki je dosegel povprečno vrednost normiranih ocen po kriterijih 0,11. Pri nobenem izmed analiziranih parametrov uDig ni presegel povprečnih vrednosti. Pri petih parametrih je prejel najslabšo oceno med analiziranimi alternativami. Vseh naštetih značilnosti posameznih geografskih informacijskih sistemov se moramo kot odločevalci zavedati in jih upoštevati pri sprejemanju odločitev.

Model lahko spreminjamo skladno s potrebami odločevalcev. To lahko opravimo na več načinov. Eden izmed načinov spreminjanja vrednotenja modela je dodajanje izključitvenih kriterijev, s katerimi po potrebi izključimo alternative, ki ne dosegajo spodnjega praga. Drugi način je uvedba uteži, ki jih lahko določi ekspertna skupina; ekspertno skupino praviloma ustanovljamo za vsak posamezni primer uvedbe ločeno, saj imajo naročniki lahko različne zahteve.

6 SKLEP

V prispevku so prikazani odprtokodni in brezplačni geografski informacijski sistemi, njihove lastnosti, področja uporabe, koncept podatkov, funkcije in drugo. Odprtokodni in brezplačni programi imajo v primerjavi s plačljivimi oz. licenčnimi določene prednosti in pomanjkljivosti. Zato je izbira nekega sistema za daljšo uporabo izjemno zahtevna in odgovorna naloga. Nekateri vzroki, ki otežujejo odločanje, so (Bohanec, 2006, str. 4): »veliko število dejavnikov, ki vplivajo na odločitev; številne oziroma slabo definirane ali slabo poznane alternative; zahtevno in pogosto nepopolno poznavanje odločitvenega problema in ciljev odločitve; možnost nepredvidljivih dogodkov, ki jih ni mogoče nadzorovati in ki povečujejo negotovost odloči-

tve; udeležba več odločevalcev, ki imajo nasprotujoče si cilje in omejitve časa in drugih virov za izvedbo odločitvenega procesa«. Pri izbiri geografskega informacijskega sistema moramo imeti v mislih tudi namen uporabe. Postopek izbire in sama izbira se namreč razlikujeta glede na področje, za katerega bomo uporabljali sistem. Pomembno je razlikovati in si odgovoriti na vprašanje, ali bomo sistem uporabljali za osebne, komercialne, vojaško/policijske zadeve, izobraževalne ali druge namene, saj sta občutljivost izbire in kasneje uporaba sistema zelo pomembni. Izbira odprtokodnega in brezplačnega geografskega informacijskega sistema naj bo čim bolj temeljita. Poleg funkcionalnosti, ki jih ima posamezni sistem, moramo upoštevati tudi druge lastnosti. Nekatero pomembno lastnosti in karakteristike pri izbiri sistema so: kako je sistem sprejet in razširjen v neki skupnosti, kako hitro se posodablja, ali se število uporabnikov veča ali manjša, kako močna je skupnost (npr. tehničnopodporni forumi), kakšni so morebitni finančni stroški (npr. svetovanja) in drugo. Za lažje odločanje so bili v prispevku zbrani nekateri kazalniki, ki kažejo nekatere značilnosti uradnih spletnih strani izbranih odprtokodnih in brezplačnih geografskih informacijskih sistemov in s tem posledično tudi atraktivnost med uporabniki. Zbrane kazalnike in funkcije sistemov smo uporabili v večparametrskem odločitvenem modelu, s katerim smo podali oceno za lažjo izbiro sistema.

Kot smo že omenili, smo za potrebe prispevka izbrali najbolj poznane in značilne kazalnike uradnih spletnih strani odprtokodnih in brezplačnih geografskih informacijskih sistemov. Omeniti pa moramo, da obstajajo tudi drugi kazalniki spletnih strani (manj pomembni in poznani), ki jih za potrebe tega prispevka nismo upoštevali. Za namen raziskovalne razširitve prihodnjih prispevkov bi lahko vključili še več različnih odprtokodnih in brezplačnih geografskih informacijskih sistemov. Poleg tega bi za ocenjevanje lahko upoštevali še druge, manj pomembne kazalnike spletnih strani ter po želji uporabili kakšen drug večparametrski odločitveni model. Seveda pa je treba pri izbiri upoštevati tudi želje uporabnikov sistema in njihovo uporabniško izkušnjo s sistemom.

LITERATURA

- [1] Adams, C. (2013). What Is Google PageRank and How Is It Earned and Transferred?, pridobljeno dne 10. 11. 2014 na <http://www.bruceclay.com/blog/what-is-pagerank/>.
- [2] Alexa. (2018). Traffic Statistics, pridobljeno dne 18. 9. 2018 na <https://www.alexa.com/siteinfo/alexa.com>.

- [3] Björneborn, L., Ingwersen, P. (2004). Toward a Basic Framework for Webometrics. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 55(14), 1216–1227.
- [4] Bohanec, M. (2006). *Odločanje in modeli*. Ljubljana: DMFA – založništvo.
- [5] Bridge, R. (25. 6. 2018). Open source software: Advantages & disadvantages, pridobljeno dne 11. 9. 2018 na <https://entrepreneurhandbook.co.uk/open-source-software/>.
- [6] Checkpagerank. (2018). Check PageRank, pridobljeno dne 18. 9. 2018 na <https://www.checkpagerank.net/>.
- [7] Dean, B. (15. 3. 2018). Google TrustRank: The Definitive Guide, pridobljeno dne 5. 9. 2018 na <https://backlinko.com/google-trustrank>.
- [8] DOF. (2015). Why GIS, Division of Forestry Geographic Information Systems, pridobljeno dne 22. 12. 2015 na <http://www.forestrymaps.alaska.gov/whyGIS.html>.
- [9] ESRI. (2018). What is GIS?, pridobljeno dne 2. 9. 2018 na <https://www.esri.com/en-us/what-is-gis/overview>.
- [10] FSF. (2018). The Free Software Foundation, pridobljeno dne 24. 9. 2018 na <https://www.fsf.org/about/>.
- [11] GISGeography. (2018a). What is Geographic Information Systems (GIS)?, pridobljeno dne 15. 2. 2018 na <https://gisgeography.com/what-gis-geographic-information-systems/>.
- [12] GISgeography. (2018b). Mapping Out the GIS Software Landscape, pridobljeno dne 20. 9. 2018 na <https://gisgeography.com/mapping-out-gis-software-landscape/>.
- [13] GRASS GIS. (2018a). Geographic Resources Analysis Support System, pridobljeno dne 10. 9. 2018 na <https://grass.osgeo.org/>.
- [14] GRASS GIS. (2018b). User interface, pridobljeno dne 19. 9. 2018 na <https://grass.osgeo.org/screenshots/user-interface/>.
- [15] GrindGIS. (2015). 67 Important GIS Applications and Uses, pridobljeno dne 9. 1. 2018 na <http://grindgis.com/blog/gis-applications-uses>.
- [16] Haseeb, J. (2013). What is GIS - Basic Components, Functions, Methodology, Applications of GIS, pridobljeno dne 17. 12. 2014 na <http://www.enggpedia.com/civil-engineering-encyclopedia/79-geographic-information-system-gis/1581-what-is-gis>.
- [17] Huisman, O., de By, R. A. (2009). Principles of Geographic Information Systems: An introductory textbook, pridobljeno dne 10. 9. 2018 na https://webapps.itc.utwente.nl/library-www/papers_2009/general/principlesgis.pdf.
- [18] Kepner, C. H., Tregoe, B. B. (1981). *The New Rational Manager*. Princeton Research Press.
- [19] Matrix3. (2018). Pridobljeno dne 25. 9. 2018 na https://docs.google.com/spreadsheets/d/1nNETjWBROepTzGgTjZ8PslWYv7z_QqzgF1uRSm-0at0/edit?authkey=CPGQ26EG&authkey=CPGQ26EG&authkey=CPGQ26EG&authkey=CPGQ26EG#gid=0.
- [20] Morgan, L., Finnegan, P. (2007). Benefits and Drawbacks of Open Source Software: An Exploratory Study of Secondary Software Firms, IFIP International Conference on Open Source Systems, OSS 2007: Open Source Development, Adoption and Innovation, str. 307–312.
- [21] Moseley, J. D., Brown, D., Firkin, C. R., Jenkin, S. L., Patel, B., Snape, E. W. (2008). Kepner-Tregoe Decision Analysis as a Tool To Aid Route Selection. Part 2. Application to AZD7545, a PDK Inhibitor, *Organic Process Research & Development* 2008, 12, 1044–1059.
- [22] Open Source Initiative. (22. 3. 2007). The Open Source Definition, pridobljeno dne 23. 9. 2018 na <https://opensource.org/osd>.
- [23] OSGeoLive. (2018a). SAGA, pridobljeno dne 15. 9. 2018 na https://live.osgeo.org/archive/6.0/en/overview/saga_overview.html.
- [24] OSGeoLive. (2018b). User-friendly Desktop Internet GIS (uDig), pridobljeno dne 19. 9. 2018 na https://live.osgeo.org/en/overview/udig_overview.html.
- [25] Pintar, R., Jereb, E., Vukovič, G., Urh, M. (2015). Analysis of Web Sites for e-Learning in the Field of Foreign Exchange Trading, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 197, 245–254.
- [26] QGIS. (2018a). QGIS - The Leading Open Source Desktop GIS, pridobljeno dne 27. 9. 2018 na <https://www.qgis.org/en/site/about/index.html>.
- [27] QGIS. (2018b). Quantum GIS, pridobljeno dne 10. 9. 2018 na <https://www.qgis.org/>.
- [28] Rouse, M. (2018). Bounce rate, pridobljeno dne 18. 9. 2018 na <https://whatis.techtarget.com/definition/bounce-rate>.
- [29] SAGA. (2018). System for Automated GeoScientific Analysis, pridobljeno dne 10. 9. 2018 na <http://www.saga-gis.org>.
- [30] SEOMastering. (2018). Trust Rank checker, pridobljeno dne 18. 9. 2018 na <http://www.seomastering.com/trust-rank-checker.php>.
- [31] uDig. (2018). uDig, JGrass, DivaGIS, pridobljeno dne 10. 9. 2018 na <http://udig.refractor.net/>.
- [32] Urh, M. (2018). Analiza odprtih in brezplačnih geografskih informacijskih sistemov, 37. mednarodna konferenca o razvoju organizacijskih znanosti: organizacija in negotovost v digitalni dobi. 2018. Arsenijević, O. idr. (ur.). Maribor, Univerzitetna založba Univerze v Mariboru, str. 1121–1132, pridobljeno dne 10. 9. 2018 na <http://press.um.si/index.php/ump/catalog/view/326/283/554-1>.
- [33] Wikimedia. (2018). GvSIG, pridobljeno dne 20. 9. 2018 na https://commons.wikimedia.org/wiki/File:GvSIG_-_GIS.jpg.
- [34] Wikipedia. (2018). Comparison of geographic information systems software, pridobljeno dne 15. 8. 2018 na https://en.wikipedia.org/wiki/Comparison_of_geographic_information_systems_software.
- [35] Yoders, A., Crudello, M., Holland, S. (2010). Open Source vs Proprietary CMS Software, <https://www.slideshare.net/yoders/open-source-vs-proprietary-software>.
- [36] ZRC SAZU. (2019). Oddelek za geografski informacijski sistem, pridobljeno dne 20. 1. 2019 na <https://giam.zrc-sazu.si/sl/oddelek/7815#v>.

Marko Urh je višji predavatelj na Fakulteti za organizacijske vede Univerze v Mariboru. Svojo strokovno in znanstveno pot je začel v policiji kot razvijalec geografskih informacijskih sistemov. Glavna področja njegovega raziskovanja so informacijski sistemi, e-izobraževanje, menedžment in razvoj kadrov. Objavil je več domačih in mednarodnih člankov in prispevkov z omenjenih področij. Aktivno sodeluje na domačih in mednarodnih konferencah ter je recenzent domačih in tujih publikacij.

■

Uroš Rajkovič je izredni profesor s področja informacijskih sistemov na Fakulteti za organizacijske vede Univerze v Mariboru. Področja njegovih raziskovanj med drugim zajemajo odločanje s poudarkom na večkriterijskem modeliranju odločitvenega znanja z metodami ekspertnih sistemov. Sodeluje pri več mednarodnih projektih in pri organizaciji mednarodnih in domačih konferenc.

■

Iztok Bitenc je zaposlen kot predavatelj na Fakulteti za organizacijske vede Univerze v Mariboru na področju Informacijski sistemi, na katerem sodeluje pri predmetih s področja osnov informatike, različnih programskih jezikov, razvoja spletnih rešitev in baz podatkov. Je avtor več strokovnih in znanstvenih člankov, raziskovalno pa se udejstvuje pri iskanju praktičnih rešitev z uporabo sodobne informacijske tehnologije.

■

Davorin Kofjač je izredni profesor za področje informacijskih sistemov v Laboratoriju za kibernetiko in sisteme za podporo odločanju na Fakulteti za organizacijske vede Univerze v Mariboru. Njegova področja raziskovanja obsegajo modeliranje in simulacijo sistemov, sisteme za podporo odločanju, operacijske raziskave in umetno inteligenco. Sodeloval je v raznih mednarodnih in nacionalnih projektih. Rezultate raziskovalnega dela objavlja v uglednih znanstvenih revijah, monografijah in na konferencah. Je član društev ACM, INFORMS in SLOSIM.

Prodor globokih arhitektur na področje pridobivanja informacij iz glasbe

Matevž Pesek

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za računalništvo in informatiko

Izvleček

S povečano popularnostjo globokih arhitektur, ki temeljijo na nevronske mrežah, so se v zadnjem času bistveno izboljšali rezultati pri reševanju problemov na več področjih. Zaradi popularnosti in uspešnosti teh globokih pristopov, temelječih na nevronske mrežah, so bili drugi simbolni in kompozicionalni pristopi odmaknjeni od središča pozornosti raziskav. V članku bomo obširneje pregledali delovanje globokih in hierarhičnih pristopov na področju pridobivanja informacij iz glasbe. Omenjamo nekatere od bolj znanih problemov na področju in izpostavimo probleme, pri katerih globoki pristopi, temelječi na nevronske mrežah, še niso bili uspešno aplicirani. Kot alternativo takšnim pristopom predstavljamo kompozicionalni hierarhični model in opisujemo uporabnost modela in rezultate na predstavljenih problemih. Pregled bomo sklenili z diskusijo o prihodnosti uporabe globokih modelov glede na druge pristope.

Ključne besede: pridobivanje informacij iz glasbe, globoke arhitekture, kompozicionalni hierarhični modeli.

Abstract

With the increasing popularity of deep neural-based architectures, the results of deep architectures have been significantly improved recently in several areas. Due to the popularity and success of these deep approaches based on neural networks, other symbolic and hierarchical approaches are no longer the focus of researchers. In this article, we review the recent progress of deep and compositional approaches in the field of music information retrieval. Furthermore, we deliberate on the most notorious issues in the field and highlight problems where deep approaches based on neural networks have not yet been successfully applied. As an alternative to such approaches, we provide an overview of hierarchical models and describe the compositional hierarchical model as an alternative deep architecture. The latter shows great usability with the presented problems. We conclude this review with a discussion of the future of deep models compared to other approaches.

Keywords: Music information retrieval, deep learning architectures, compositional hierarchical models.

1 UVOD

Področje računalništva in informatike vključuje veliko kombinacij interdisciplinarnih pristopov, katerih namen je avtomatizirati obstoječe procese ali izumiti nove, ki pomagajo našim potrebam v vsakdanjem življenju. Računalniki so v večini naših dejavnosti že v celoti vključeni v izdelke končnih uporabnikov, kot so pametne televizije, kuhinjski aparati ali avtomobili, ki jih uporabljamo za shranjevanje, upravljanje, organiziranje in razvrščanje naraščajočih količin podatkov, ki jih zbiramo. Tako se je računalništvo dotaknilo tudi na videz nasprotnih področjih, kot sta ume-

tnost in glasba. Na glasbenem področju se je vez z informatiko stkala na več ravneh: v ustvarjanju glasbe, glasbeni organizaciji in glasbeni analizi.

Kot poskus analiziranja, pridobivanja in organiziranja glasbe se je v zadnjih dveh desetletjih utrdilo področje pridobivanja informacij iz glasbe (angl. music information retrieval – MIR) (Downie 2010). Od zgodnjih začetkov se je področje signifikantno razširilo in zajema številne teme od glasbene percepcije in pridobivanja informacij do razumevanja in analize glasbe. Področje MIR meji na več dobro uveljavljenih področjih, kot so psihologija (npr. Gelfand, 2004; Ti-

rovolas, 2011), muzikologija (npr. Lerdahl, 1983; McDermott, 2008) in računalništvo (npr. de Cheveigne, 2002; Mauch, 2010; Tolonen 2000).

Del raziskav MIR obravnava pridobivanje semantičnih opisov glasbe v različnih oblikah. Tako kot na mnogih sorodnih področjih sta se v zadnjih letih znatno povečali natančnost in učinkovitost najboljših algoritmov, kot so ocenjevanje melodije (npr. Ryyanen, 2008; Bittner, 2015), ocenjevanje akordov (npr. Harte, 2005; Papadopoulos, 2007; Sigtia 2015; Korzeniowski, 2017), sledenje ritmu (npr. Holzapfel, 2012; Durand 2015), ocenjevanje razpoloženja (npr. Laurier, 2009; Pesek, 2017), priporočilni sistemi v glasbi (npr. Tkalčič, 2017), klasifikacija žanrov (npr. Lee, 2018) in analiza vzorcev v glasbi (npr. Conklin, 2010; Meredith, 2002; Ren, 2017). V mnogih primerih je povečano natančnost mogoče pripisati uvedbi globokega učenja na področju (Humphrey, 2012). Za številne probleme je bilo predlaganih več globokih pristopov, vključno s transkripcijo melodije (npr. Rigaud, 2016), klasifikacijo žanrov (npr. Jeong, 2016) in ocenjevanjem akordov (npr. Deng, 2016). V svoji široki definiciji globoki učni algoritem konstruira več stopenj predstavitve podatkov (hierarhijo značilk) z namenom modeliranja visokonivojskih struktur, prisotnih v opazovanih podatkih (Bengio, 2013).

Večina globokih učnih pristopov temelji na nevronske mrežah. Med samim učenjem nevronske mreže so visokonivojske predstavitve podatkov kodirane v večplastni hierarhiji, vendar je kodirano znanje implicitno in ga je težko razložiti na pregleden način kot model bele škatle. V zadnjih letih je bilo sicer razvitih več pristopov za vizualizacijo naučenih konceptov v nevronske mrežah (npr. Bilal, 2018), vendar so še vedno daleč od popolnoma razvidnega kodiranega znanja. En od takšnih pristopov je na primer zakrivanje na slikah (Zeiler, 2014), ki poskuša prepoznati regije znotraj slike, ki sprožijo opazovani odziv v nevronske mreži.

Globoke nevronske mreže imajo običajno veliko parametrov, ki so potrebni za pokritje celotne ciljne domene, kar zahteva velike zbirke podatkov za učenje. Takšne velike zbirke podatkov je težko pridobiti zaradi pomanjkanja ustreznih podatkov, morebitnih težav z avtorskimi pravicami (slike, glasba) ali zaradi same majhnosti zbirk. Nadalje je treba takšne zbirke opremiti z anotacijami. Te pa so a) najpogosteje subjektivne (npr. žanrska razvrstitev v glasbi, sledenje objektov v računalniškem vidu) in zato zahtevajo več

anotatorjev, da zajamemo približno človeško percepcijo problema, b) pogosto zahtevajo strokovnjaka (npr. glasbena transkripcija) in c) zahtevajo veliko časa in delovne sile.

V tem članku bomo predstavili obstoječe globoke pristope na področju pridobivanja informacij iz glasbe in najbolj popularne probleme, ki jih rešujejo ti pristopi. Predstavili bomo tudi probleme, pri katerih so bili globoki pristopi, temelječi na nevronske mrežah, še uspešno aplicirani. Predvsem pri problemih nenadzorovanega odkrivanja vzorcev v podatkih na področju pridobivanja informacij iz glasbe še vedno uporabljamo hierarhične in druge pristope. Med drugim bomo omenili kompozicionalni hierarhični model kot alternativno globoko arhitekturo, ki presega nekatere omejitve drugih globokih pristopov. Pregled bomo sklenili z opisom nadaljnjih korakov pri razvoju pristopov v današnjem času, v katerem dominirajo globoki pristopi z nevronske mrežami.

2 PREGLED PODROČJA

V tem poglavju je predstavljen pregled hierarhičnega modeliranja, ki se nadaljuje s pregledom hierarhičnih in drugih globokih pristopov v področju MIR. Predstavljamo tudi več popularnih problemov na področju. Za nekatere probleme, npr. ocenjevanje osnovnih frekvenc, je uspešnost globokih pristopov signifikantno preseгла uspešnost drugih pristopov. Pri drugih, kot je npr. odkrivanje vzorcev, pa so drugi, predvsem hierarhični pristopi, še vedno dominantni.

3 HIERARHIČNI MODELI NA PODROČJU MIR

Hierarhični modeli v glasbi dobro sovpadajo s samo domeno – glasba je hierarhična v času (zaporedja) in prostoru (harmonije). Številni pristopi za hierarhično modeliranje glasbe izhajajo s področja teorije glasbe, ki ponuja dobro uveljavljene hierarhične sisteme za glasbeno analizo.

Generativna teorija tonske glasbe (angl. Generative Theory of Tonal Music – GTTM) Lerdahla in Jackendoffa (1983) ponuja pristop hierarhičnega modeliranja glasbe v muzikologiji, ki je v sodobni glasbeni teoriji zelo znan. GTTM poskuša formalizirati sistem, ki odraža poslušalčevo razumevanje glasbe. GTTM predlaga štiri hierarhične vidike: skupinske in metrične strukture, redukcijo časovnega razpona in strukture za podaljševanje. Drug znani hierarhični pristop je predlagal Heinrich Schenker (1980). Schenkerjeva analiza, poimenovana po avtorju, poskuša v

glasbi razkriti temeljno osnovno strukturo (nem. Ur-satz).

Čeprav sta GTTM in Schenkerjeva analiza večinoma odvisni od ekspertnih pravil, je koncept hierarhičnega strukturiranja v glasbi intuitiven način, saj temelji na vzorcih človeškega zaznavanja in razmišljanja. Ker pravila v takšnih pristopih niso zelo strogo opredeljena, je avtomatizacija procesa analize netrivialna. V preteklosti je bilo predstavljenih več sistemov za GTTM ali Schenkerjevo analizo (npr. Hamanaka, 2006; Hirata, 2007; Marsden, 2010). Marsden (2010) je predlagal sistem za samodejno pridobivanje Schenkerjeve redukcije. Pokazal je, da je mogoče takšno analizo opraviti samodejno, vendar je z implementacijo sistema odkril tudi nekatere pomanjkljivosti avtomatizacije. Predlagani postopek zahteva precejšnjo računsko moč. Poleg tega sistem ustvari veliko možnih analiz, ki se razlikujejo po kakovosti. Avtor je ugotovil, da je sicer implementacija sistema uspešna, a so potrebni dodatni koraki, ki bi sistem izboljšali do primernosti za vsakdanjo uporabo.

Človeško zaznavanje pogosto modeliramo z enim ali več hierarhičnimi sistemi, saj je takšno modeliranje intuitivno podobno našemu razumevanju zaznavanja. Farbood idr. (2010) so raziskali medsebojno povezavo med omejitvami delovnega spomina in hierarhičnimi strukturami v glasbi. Poročali so, da razlike v optimalnem časovnem usklajevanju tonskih harmonij v primerjavi z ritmom in konturo pomenijo različno obdelavo za vsako od teh modalnosti v glasbi. Poskusi, kot sta na primer Sapp (2005) in Woolhouse (2006), so tudi empirično pokazali prisotnost takšnih hierarhičnih predstavitev, ki jih povzročajo človeški kognitivni procesi. Conklin in Anagnostopoulou (2001) sta predlagala algoritem odkrivanja vzorcev z več vidikov (angl. viewpoint), ki temelji na priponskem drevesu. Za izbrani vidik (preoblikovanje glasbenega dogodka v abstraktno funkcijo) algoritem gradi priponsko drevo. Po izbiri vzorcev, ki ustrezajo določenim pogostejšim vrednostim in pragom pomembnosti, liste drevesa obravnavata kot najdaljše pomembne vzorce v korpusu. Conklin in Bergeron (2008) sta kasneje predstavila dva algoritma, ki temeljita na Conklinovemu modelu. Prvi algoritem najde vse »maksimalne pogoste vzorce«, drugi pa

je optimizacijski algoritem z uporabo hitrejšega hevrističnega pristopa, pri katerem najdeni vzorci morda niso vedno največji in najbolj pogosti vzorci. Največji pogost vzorec je vzorec, katerega sestava funkcij komponent ni mogoče nadalje specializirati, ne da bi vzorec postal redek.

Wiggins in Forth (2015) sta opisala kognitivno arhitekturo »informacijska dinamika razmišljanja« (angl. information dynamics of thinking – IDyOT). Arhitektura je korak k modelu, ki vključuje vidike človeške ustvarjalnosti in druge oblike kognitivne obdelave v smislu predzavedne napovedne zanke. Predlagani model je hierarhična arhitektura, ki na prvem sloju vključuje številne generatorje, uporabljene za vzorčenje vnosa. Vsak generator proizvaja distribucijo izhodov glede na vhodno zaporedje. Arhitektura poskuša modelirati kognitivni cikel, ki temelji na statističnih opazovanjih vhodnih zaporedij. Vhodna zaporedja predstavljajo različne vidike glasbe, kot so tonska višina, barva, amplituda in čas. Napovedi, ki se ujemajo s perceptualnim vhodom, so razvrščene v zaporedje. Ta dinamični vidik ima za posledico proces inkrementalnega učenja.

4 GLOBOKI NEVRONSKI PRISTOPI V MIR

Pridobivanje informacij iz glasbe vključuje širok nabor problemov, ki obsegajo ustvarjalne, analitične in priklicne vidike dela z glasbo v različnih zapisih in oblikah.

Mnogi od teh problemov so formalizirani v okviru pobude MIREX (angl. eXchange Evaluation Evaluation), ki si prizadeva za vzpostavitev okvirov za vrednotenje in primerjavo različnih pristopov v MIR (Downie, 2008). Pobuda MIREX je zdaj dobro uveljavljena v skupnosti MIR, rezultate evalvacij pa so predstavili na konferenci ISMIR. Izmed množice obstoječih problemov smo izbrali nekatere, pri katerih so pogosteje uporabljeni globoki ali hierarhični pristopi. Prav te bomo v nadaljevanju obravnavali podrobneje.

5 AVTOMATSKO OCENJEVANJE AKORDOV

Zaporedja akordov in melodija sta dva najbolj prepoznavna gradnika zahodne glasbe – po navadi si z njima zapomnimo posamezno pesem. Samodejno ocenjevanje akordov lahko zato uporabimo za transkripcijo (Mauch, 2008; Mauch, 2007, Papadopoulos, 2011; Smith, 2011) in klasifikacijo glasbe (Ni, 2012)

ter druge naloge. Ocenjevanje akordov lahko uporabljamo tudi za zbiranje informacij ali izluščevanje metapodatkov (Sheh, 2003; Papadopoulos, 2007) in analizo vzorcev (Scholz, 2009).

Algoritmi za ocenjevanje akordov so najpogosteje sestavljeni iz dveh modelov: akustičnega, ki preoblikuje avdio signal v značilke, in jezikovnega, ki modelira časovna razmerja med akordi.

Pri tradicionalnih pristopih so najpogosteje uporabljene kromatske značilke (Mauch, 2008; Muller, 2011) ali razredi tonskih višin (Gomez, 2004). Te značilke zagotavljajo vmesno predstavitev zvočnega signala in običajno vsebujejo dvanajst dimenzij, od katerih vsaka predstavlja moč oktavno invariantne tonske višine v signalu. Vsako komponento kromatskega vektorja izračunamo kot vsoto ustreznih frekvenc. Ker kromatski vektorji ohranijo informacije o tonski višini, jih je mogoče uporabiti za ocenjevanje akordov s standardnimi algoritmi za strojno učenje, kot je na primer metoda podpornih vektorjev. Vendar takšna klasifikacija ne upošteva časovne odvisnosti akordov, saj so vektorji obravnavani neodvisno. Za časovno odvisnost pogosto uporabljajo prikrite modele Markova (angl. hidden Markov model – HMM) (npr. Bello, 2005; Noland, 2006; Papadopoulos, 2007).

V zadnjem času za ocenjevanje akordov pogosto uporabljajo globoko učenje. Boulanger-Lewandowski in drugi (2013) so predlagali model RNN. Z učenjem modela na celotnem naboru podatkov poročajo o 93,5-odstotni povprečni natančnosti na posamezni razred akorda. Vendar pa tudi podrobneje razložijo rezultate, pri čemer navajajo, da je »ta scenarij močno nagnjen k prekomerni ureditvi: z vidika strojnega učenja je trivialno oblikovati neparametrični model, ki deluje pri 100-odstotni natančnosti« (str. 5).

Sigtia in drugi (2015) so predlagali hibridno rekurenčno nevronska mrežo za prepoznavanje akordov. Najprej so uporabili prtslojno globoko nevronska mrežo, pri kateri so za vhod uporabili avdio signal, transformiran z metodo Constant-Q. DNN je bil uporabljen kot akustični model, ki odpravlja potrebo po kromatskih vektorjih ali podobnih značilkah. Za jezikovni model so uvedli hibridno rekurenčno nevronska mrežo (RNN), ki modelira razmerja med izhodi. Ta model učinkovito nadomešča HMM, ki ga uporabljajo pri tradicionalnih pristopih. Hibridni model je bil preizkušen na podatkovnem nizu MIREX 2014 s štirikratno navzkrižno validacijo, pri čemer je bila

učna množica nadalje razdeljena na 80 odstotkov za usposabljanje in 20 odstotkov za validacijo. Rezultati kažejo večjo učinkovitost kot pri akustičnih modelih (približno 3 % pri natančnosti na ravni okvira).

Deng in Kwok (2016) sta predlagala pristop hibridnega Gaussovega-HMM-globokega učenja. Model Gauss-HMM se uporablja za segmentacijo kromagramov in jih posreduje globokemu modelu za klasifikacijo akordov. Avtorja predlagata dva globoka učna modela, model globokega zaupanja in LSTM RNN (angl. long-short-term-memory – LSTM). Avtorja pri evalvaciji pokažeta, da njun model doseže boljše rezultate kot obstoječi sistem Chordino na podatkovnih nizih, ki so anotirani z večjim številom akordov, vendar doseže Chordino boljše rezultate na podatkovnih zbirkah z manjšim številom akordov.

Korzeniowski in Widmer (2016) sta predlagala sistem globokega učenja s kromatskimi vektorji. Model sta evalvirala na petih razpoložljivih podatkovnih zbirkah – albumih skupin Beatles, Queen in Zweieck, naboru podatkov RWC pop in diskografiji pevca Robbieja Williamsa – in dosegla do sedaj najboljše rezultate.

6 OCENJEVANJE OSNOVNIH TONSKIH VIŠIN

Cilj glasbene transkripcije je pretvoriti avdio zapis v notni zapis. Osnovni del transkripcije je ocena osnovnih frekvenc, ki so prisotne v signalu (angl. multiple fundamental frequency estimation – MFFE), pri čemer je cilj oceniti vse osnovne frekvence (ki ustrezajo tonskim višinam) v posameznih časovnih okvirih glasbenega signala. Kot pomemben cilj MIR je bil problem transkripcije raziskovan že od zgodnjih sedemdesetih let (Benetos, 2015; Gerhard, 2003; Klappuri, 2004 in 2006). Nekateri pristopi se problema lotevajo skozi analizo spektra signala (npr. Roebel, 2010; Pertusa, 2012), medtem ko drugi pristopi signal modelirajo kot kompozicijo različnih virov (npr. Dessein, 2010; Grindlay, 2011; Smaragdis, 2003). Veliko pristopov je specializiranih za posamezne instrumente (npr. Marolt, 2004; Weninger, 2013; Boulanger-Lewandowski, 2012; Vincent, 2010) ali se fokusirajo na transkripcijo simboličnih podatkov, značilnih za posamezne instrumente (npr. Barbancho, 2012).

Za ocenjevanje osnovnih frekvenc v signalu je bilo predstavljenih tudi več globokih pristopov, ki temeljijo na nevronske mrežah (npr. Bock, 2012; Nam, 2011; Rigaud, 2016). Bock in Schedl (2012) sta uporabila rekurenčni model nevronske mreže za

transkripcijo klavirja, Nam idr. (2011) pa so združili mreže globokega zaupanja z metodo podpornih vektorjev in prikritim modelom Markova za isto nalogo. Rigaud in Radenen (2016) sta predlagala kombinacijo dveh globokih nevronske mreže za transkripcijo pevskega glasu.

Zaradi pomanjkanja anotiranih podatkovnih baz mnogi globoki mrežni pristopi za MFFE (npr. Bock, 2012; Nam, 2011; Kelz, 2016; Rigaud, 2016) uporabljajo velik del anotiranih podatkov za učenje modelov. Podatkovna zbirka MAPS (Emiya, 2010) je ena izmed najpogosteje uporabljenih zbirk za učenje in vrednotenje algoritmov MFFE. Sestavljena je iz 30 skladb, predvajanih z Yamaha Disklavierjem in sintetiziranih s 7 vzorci klavirja (približno milijon tonskih višin). Bock in Schedl (2012) sta svoj model rekurenčne nevronske mreže učila na štirih različnih zbirkah, vključno z zbirko MAPS. Poročala sta o visoki F_1 natančnosti (do 93,5 %) pri zaznavanju začetka tonske višine na zbirki MAPS; vendar pa sta pri učenju uporabila tudi znatno količino zbirke za učenje in validacijo (približno 75 odstotkov za učenje in 9,4 odstotka za validacijo). Nam in drugi (2011) so poročali o rezultatih za 30-sekundne odlomke iz zbirke MAPS (74,4-odstotna natančnost F_1), ob uporabi približno 60 odstotkov zbirke za učenje in 25 odstotkov za validacijo. Ker ti pristopi uporabljajo znaten del nizov podatkov za učenje in testiranje, so lahko rezultati preveč optimistični v primerjavi z njihovim delovanjem v realnem svetu.

Bittner in drugi (2017) so predlagali model za ocenjevanje osnovnih frekvenc, ki temelji na polno povezani konvolucijski mreži. Dosegli so najboljše rezultate na dveh od treh podatkovnih baz vrednotenja MFFE in presegli najsodobnejše pristope pri izluščevanju melodije.

Med najnovejšimi so Hawthorne in drugi (2017) predstavili kombinacijo konvolucijskih nevronske omrežij in LSTM mrež. Na ravni okvirja dosežejo 78,30-odstotni F_1 rezultat, medtem ko na ravni notnega zapisa presegajo rezultate drugih pristopov za približno 30 odstotkov in dosežajo 82,29 odstotka. Avtorji rezultate opisujejo kot dokaz koncepta za svoje delo in poudarjajo vprašanja učenja in validacije na tako majhnem naboru podatkov.

Zaradi prej omenjenih omejitev evalvacije je težko uporabiti dosežene rezultate v scenarijih »realnega sveta«, ki lahko vključujejo posnetke, ki morda niso bili posneti v idealnih studijskih okoljih ali s profesio-

nalnimi izvajalci. Pri takšnih pogojih pristope redko ocenjujejo predvsem zaradi pomanjkanja različnih označenih podatkovnih nizov – večina podatkovnih baz je sestavljena predvsem iz sintetiziranih posnetkov, ki jih je mogoče preprosto dobiti in vsebujejo le majhno število anotiranih dejanskih posnetkov. Posledično lahko trpi robustnost algoritmov, saj se lahko ti dobro prilegajo majhnim podatkovnim zbirkam, kar vodi k slabemu delovanju na različnih materialih in ob prisotnosti hrupa.

7 ODKRIVANJE VZORCEV IN TRENUTNI PRISTOPI

Odkrivanje ponavljajočih vzorcev je znan problem na različnih področjih, vključno z računalniškim vidom (npr. Campilho, 2012), bioinformatiko (npr. Coward, 1998) in pridobivanjem informacij iz glasbe (MIR). Čeprav je problem razširjen na več področjih, se njegova definicija kot tudi algoritmi za odkrivanje vzorcev med področji močno razlikujejo. V glasbi so o pomembnosti ponavljanja razpravljali številni glasbeni teoretiki in nedavno tudi raziskovalci, ki so razvili algoritme za polavtomatsko analizo glasbe, kot na primer Marsden (2010). V ogrodju MIREX so raziskovalci izpostavili več nalog, ki se ukvarjajo z vzorci in strukturami v glasbi, vključno s strukturno segmentacijo, melodično podobnostjo v simbolnih podatkih in ujemanjem vzorcev ter odkrivanjem vzorcev.

Namen opravila »odkrivanje ponavljajočih tem in odsekov« je najti ponovitve, ki so eden najpomembnejših vidikov glasbenega dela (Meredith, 2002). Definicija MIREX določa, da »algoritmi vzamejo glasbo kot vhod in izpisujejo seznam vzorcev, ki se ponovijo znotraj tega dela« (Collins, 2015). Opravilo se lahko zdi podobno tudi sicer znani nalogi ujemanja vzorcev (Collins, 2010). Cilj algoritma za ujemanje vzorcev je najti mesto iskanega vzorca znotraj nabora podatkov, medtem ko algoritem za odkrivanje vzorcev najde lokacije podobnih zaporedij podatkov, ki se večkrat ponovijo v neki podatkovni zbirki, brez kakršnih koli informacij o iskanem vzorcu. Kot je zapisal Wang (2015), se opravilo odkrivanja vzorcev razlikuje od opravila strukturne segmentacije, pri katerem segmenti pokrivajo celotno glasbeno delo in predstavljajo disjunktno segmente v glasbi. V opravilu odkrivanja vzorcev se lahko vzorci delno prekrivajo ali so podmnožice drugega vzorca.

Za odkrivanje vzorcev v glasbi so predlagani različni pristopi. Večina pristopov ne temelji na globokih,

temveč na kompozicionalnih modelih. Hsu in drugi (2001) so poskušali odkrivati netrivialne vzorce s korelacijskimi matrikami in odkrivanjem daljših vzorcev z večkratnim povezovanjem krajših ponavljajočih vzorcev. Knopke in drugi (2009) so analizirali 101 delo Giovannija Pierluigija da Palestrine in poskušali odkrivati vzorce s priponskimi matričnimi strukturami.

Cambouropoulos in drugi (2005) so uporabili pristop priponskega drevesa z dovoljenim delnim prekrivanjem vzorcev. Da bi presegli omejitve priponskega drevesa, so se osredotočili tudi na problem približnega ujemanja odkritih vzorcev.

Za to opravilo je bilo predstavljenih še več drugih nehierarhičnih in neglobokih pristopov (npr. Meredith, 2013; Velarde, 2014; Lartillot, 2014), katerih obširnejše povzetke del v tem pregledu izpuščamo, a jih je vredno omeniti zaradi njihovih rezultatov. V našem pregledu za to opravilo nismo zasledili globokih pristopov, ki temeljijo na nevronskih mrežah. Globoki pristopi sicer dosegajo dobre rezultate pri opravljenih razvrščanja, a so takšni modeli črne škatle, pri katerih si težko razlagamo naučene strukture, zaradi česar jih posledično težko uporabljamo za opravljanje odkrivanja zakonitosti.

8 ALTERNATIVNI GLOBOKI MODELI

Čprav globoki modeli, ki temeljijo na nevronskih mrežah, dosegajo izvrstne rezultate, so kompozicionalni in hierarhični modeli še vedno prisotni pri problemih, ki vsebujejo koncept odkrivanja vzorcev v podatkih. Takšni sistemi omogočajo vpogled v naučene abstrakcije, kar je še vedno netrivialen postopek pri modelih, ki temeljijo na nevronskih mrežah.

Kot alternativni globoki model, ki ne temelji na nevronskih mrežah, so Pesek in drugi (2017) razvili kompozicionalni hierarhični model za pridobivanje informacij iz glasbe. Z nenadzorovanim učenjem model zgradi hierarhično predstavitev konceptov od preprostih konceptov na najnižjem nivoju proti najkompleksnejšim konceptom na najvišjih nivojih. Ideja o takšni strukturi modela izvira iz raziskav na področju strojnega vida. Na tem področju sta Leonardis in Fidler (2007, 2009) predstavila koncept IHoP (angl. learned Hierarchy of Parts). Njun model se lahko nauči hierarhične predstavitve objektov na slikah, začeni z enostavnimi gradniki na nizkih nivojih, ki jih združuje v kompleksnejše dele objektov na višjih nivojih. Model se uči na podlagi statistike pojavitev in ga je moč uporabiti kot robusten način

za kategorizacijo objektov in druge sorodne probleme na področju računalniškega vida.

Ideja modela temelji na predpostavki, da lahko kompleksne sestavljene signale razdrobimo na enostavnejše gradnike – *dele*. Deli so lahko različno kompleksni in glede na kompleksnost tvorijo različne nivoje. Posamezne dele na višjih nivojih lahko tvorimo s kombiniranjem delov na nižjih nivojih in tako tvorimo kompozicionalni model. V glasbi je takšen pristop človeku intuitiven, saj so glasbeni dogodki tvorjeni na podoben način: akord je sestavljen iz vsaj treh tonov, posamezni ton pa iz več frekvenc. Posamezni del tako opisuje posamezne frekvence na nižjem nivoju, na višjih nivojih pa njegove tvorjene kombinacije – kompozicije – tvorijo kompleksnejše dogodke. Na enak način lahko modeliramo tudi vzorce v glasbi, sosledja tonskih višin in akordov. Celotna struktura modela je transparentna, saj lahko za vsak del pregledamo in interpretiramo njegovo vlogo.

Pesek in drugi so model aplicirali na različna opravila s področja MIR, med drugim na avtomatsko ocenjevanje akordov, ocenjevanje osnovnih frekvenc in iskanje vzorcev v simbolni glasbi. Za opravilo avtomatskega ocenjevanja akordov so zgradili trionovski model. Model so naučili na 88 klavirskih tonih in ga aplicirali na glasbeno zbirko skupine The Beatles. Dele na tretjem nivoju so uporabili kot kromatske vektorje in s pomočjo prikritega modela Markova napovedovali sosledja akordov.

Pri ocenjevanju osnovnih frekvenc so ponovno uporabili transparentno strukturo modela (Pesek, 2017a). Model so naučili na 88 klavirskih tipkah in ga aplicirali na več različnih zbirkah podatkov. Poleg javno dostopne zbirke MAPS, ki se pogosto uporablja za evalvacijo pristopov pri ocenjevanju osnovnih frekvenc, so predstavili svojo zbirko slovenske ljudske glasbe. Zbirka vsebuje 38 ljudskih pesmi, ki jih večglasno poje več amaterskih pevcev. Zbirka je posneta v vsakdanjih prostorih z osnovno produkcijsko opremo. Na tej zbirki so evalvirali tudi druge pristope in pokazali, da se predlagani kompozicionalni hierarhični model zaradi svoje robustnosti odreže bolje od drugih pristopov. Prav tako so analizirali hitrost delovanja in ugotovili, da je predlagani model hitrejši od drugih pristopov in je zato primeren za aplikacije v vgrajenih sistemih, mobilnih napravah in drugih podobnih, računsko manj zmožnih napravah.

Predlagani model so avtorji kasneje dodatno nadgradili (Pesek idr., 2017b) in prilagodili za delo

s simbolnimi glasbenimi predstavitevami z namenom razširitve nabora opravil na področju pridobivanja informacij iz glasbe. To razširitev modela so poimenovali SymCHM. Ker model vsebuje transparentno hierarhično strukturo, so model aplicirali na problem odkrivanja vzorcev v simbolnih glasbenih predstavitevah. Zaradi transparentnosti strukture je model moč uporabiti za opravila odkrivanja, kar je izredno težko doseči pri drugih strukturah, ki temeljijo na nevronskih mrežah.

9 DISKUSIJA

Na področju pridobivanja informacij iz glasbe so se v zadnjih letih izrazito izboljšali rezultati na mnogih popularnih problemih, med prej omenjenimi na problemu avtomatskega ocenjevanja akordov in glasbene transkripcije. Kljub napredku pa trenutni globoki pristopi ne prinašajo popolne rešitve. Čeprav omogočajo nenadzorovano učenje in dosegajo zadovoljive rezultate pri klasifikacijskih nalogah, jim manjka transparentnost, kar bi omogočilo vpogled v naučene koncepte. Vizualizacija naučenih konceptov trenutnih pristopov je netrivialen problem. Velikokrat zato pristope uporabijo kot črne škatle (angl. black box), ki sicer rešujejo nalogo, a jih je težko nadalje izboljšati in nadgrajevati v kontekstu inteligentnega doprinosa k reševanju širšega problema percepcije glasbe.

Prav tako so zaradi velike količine vozlišč in povezav v strukturah modelov za učenje potrebne velike podatkovne zbirke, ki jih je težko pridobiti. Med najpogostejšimi težavami pridobivanja zbirk so potencialni problemi z avtorskimi pravicami in količina potrebnega časa ter ekspertnega znanja za anotacijo zbirk. S tem je tudi povezan problem evalvacije, saj mnogo pristopov uporablja večji del podatkovne zbirke za učenje in validacijo. Avtorji nekaterih omenjenih pristopov ta problem tudi sami izpostavljajo in poudarjajo, da je treba tako pridobljene rezultate

jemati z rezervo v kontekstu scenarijev v realnem svetu.

Kot je razvidno iz pregleda področja, so globoki pristopi učinkovito uporabljeni za več različnih nalog, ki se nanašajo na razlikovanje med naučenimi koncepti. Takšni sistemi rešujejo vprašanje, ali opazovani vhod pripada eni ali drugi skupini. Nasprotno je težko uporabiti takšen model za odkrivanje zakonitosti, pri čemer naj bi model izdelal lastno opažanje visokonivojskih abstraktnih pojmov, ki so prisotni na vhodu nenadzorovano. V tem kontekstu so hierarhični in drugi pristopi še vedno prisotni in dosegajo najboljše rezultate. Kot alternativa se je pojavil tudi kompozicionalni hierarhični model, ki je bil uspešno uporabljen za več različnih nalog, tako klasifikacijskih nalog kot nalog odkrivanja.

Glede na trenutne trende na področju je prihodnost »globoka«. S skokovitim izboljšanjem računske moči, zmožnosti oblačnega računanja in novimi ogroddji, ki omogočajo preprostejšo vzpostavitev sistemov za porazdeljeno računanje tako na splošno namenskih kot specializiranih grafičnih procesorjih, je takšne sisteme mogoče naučiti do mere, ki zadovoljivo pokriva celotno opazovano domeno. Vseeno pa se del raziskav osredotoča na razvoj simbolnih sistemov umetne inteligence (AI), ki namesto specializacije za specifičen problem ponujajo generaliziran pristop reševanja več različnih problemov (tabela 1). Takšni pristopi črpajo ideje s področij nevroznanosti, psihologije in drugih ved, ki opazujejo človeško delovanje, saj je njihov cilj približati delovanje algoritmov človeški percepciji. V dolgi zgodovini razvoja simbolnih AI pristopov je nastalo zavedanje, da ti pristopi prinašajo veliko omejitev, predvsem na nivojih vhodnih podatkov in generiranja značilk, ki jih lahko v takšnih pristopih uporabljamo. Ugibamo lahko, da je potencialna rešitev, ki bo presegala oba tipa pristopov, hibridna, pri čemer bodo združene

Tabela 1: Pregled globokih modelov, temelječih na nevronskih mrežah (NN), in drugih simbolnih in hierarhičnih modelov na področju MIR. Uspešne aplikacije nakazujejo, da so bili pristopi uporabljeni v tem tipu problemov. Če je tip pristopov dosegel najboljše rezultate za posamezen tip problema, je to označeno v stolpcu najboljši rezultati.

		Problemi na področju MIR			
		Klasifikacijski problemi		Problemi odkrivanja vzorcev	
		Uspešne aplikacije	Najboljši rezultati	Uspešne aplikacije	Najboljši rezultati
Tipi pristopov	Globoki NN modeli	✓	✓		
	Hierarhični in simbolni pristopi	✓		✓	✓

prednosti posameznega pristopa z uporabo globokih pristopov na vhodnih nivojih in simbolnih pristopov na višjih nivojih procesiranja.

BIBLIOGRAFIJA

- [1] Barbancho, A. M., Klapuri, A., Tardon, L. J., & Barbancho, I. (2012, mar). Automatic Transcription of Guitar Chords and Fingering From Audio. *IEEE Transactions on Audio, Speech, and Language Processing*, 20 (3), 915–921. doi: 10.1109/TASL.2011.2174227
- [2] Bello, J. P., & Pickens, J. (2005). A robust mid-level representation for harmonic content in music signals. In *Proceedings of the international conference on music information retrieval (ismir)* (pp. 304–311). London.
- [3] Benetos, E., & Weyde, T. (2015). Multiple-F0 estimation and note tracking for Mirex 2015 using a sound state-based spectrogram factorization model. In *11th annual music information retrieval exchange (mirex'15)* (pp. 1–2). Malaga.
- [4] Bengio, Y., Courville, A., & Vincent, P. (2013, aug). Representation learning: a review and new perspectives. *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 35 (8), 1798–828. doi: 10.1109/TPAMI.2013.50
- [5] Bilal, A., Jourabloo, A., Ye, M., Liu, X., & Ren, L. (2018). Do Convolutional Neural Networks Learn Class Hierarchy? *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 24 (1), 152–165. doi: 10.1109/TVCG.2017.2744683
- [6] Bittner, R. M., Justin, S., Essid, S., & Bello, J. P. (2015). Melody Extraction By Contour Classification. In *Proceedings of the international conference on music information retrieval (ismir)* (pp. 500–506). Malaga.
- [7] Bittner, R. M., McFee, B., Salamon, J., Li, P., & Bello, J. P. (2017). Deep Saliency Representations for F0 Estimation in Polyphonic Music. In *Proceedings of the international conference on music information retrieval (ismir)* (pp. 63–70). Suzhou, China.
- [8] Bock, S., Krebs, F., & Schedl, M. (2012). *Evaluating the online capabilities of onset detection methods*. In *Proceedings of the international conference on music information retrieval (ismir)*. Porto.
- [9] Boulanger-Lewandowski, N., Bengio, Y., & Vincent, P. (2012). Discriminative Non-negative Matrix Factorization For Multiple Pitch Estimation. In *Proceedings of the international conference on music information retrieval (ismir)* (pp. 205–210). Porto, Portugal.
- [10] Cambouroupoulos, E., Crochemore, M., Iliopoulos, C. S., Mohamed, M., & Sagot, M.-F. (2005). A Pattern Extraction Algorithm for Abstract Melodic Representations that Allow Partial Overlapping of Intervallic Categories. In *Proceedings of the international conference on music information retrieval (ismir)* (pp. 167–174). London.
- [11] Collins, T. (2016). Discovery of Repeated Themes & Sections – MIREX Wiki. Retrieved 2018-04-01, from http://www.music-ir.org/mirex/wiki/2016:Discovery_of_repeated_themes_sections
- [12] Collins, T., Thurlow, J., Laney, R., Willis, A., & Garthwaite, P. H. (2010). A Comparative Evaluation of Algorithms for Discovering Translational Patterns in Baroque Keyboard Works. In *Proceedings of the international conference on music information retrieval (ismir)* (pp. 3–8). Utrecht.
- [13] Conklin, D. (2008). Discovery of distinctive patterns in music. In *Proceedings of mmi08: International workshop on machine learning and music* (p. 2). Helsinki. doi: 10.1.1.158.4152
- [14] Conklin, D. (2010). Discovery of distinctive patterns in music. *Intelligent Data Analysis*, 14 (5), 547–554.
- [15] Conklin, D., & Anagnostopoulou, C. (2001). Representation and Discovery of Multiple Viewpoint Patterns. In *Proceedings of the 2001 international computer music conference* (pp. 479–485). Cuba.
- [16] Coward, E., & Drabløs, F. (1998, jan). Detecting periodic patterns in biological sequences. *Bioinformatics* (Oxford, England), 14 (6), 498–507.
- [17] de Cheveigne, A. (2002). YIN, a fundamental frequency estimator for speech and music. *The Journal of Acoustical Society of America*, 111 (4), 1917–1930.
- [18] Deng, J., & Kwok, Y.-K. (2016). A Hybrid Gaussian-Hmm-Deep-Learning Approach for Automatic Chord Estimation with Very Large Vocabulary. In *Proceedings of the international conference on music information retrieval (ismir)* (pp. 812–818). New York.
- [19] Dessein, A., Cont, A., & Lemaître, G. (2010). Real-time polyphonic music transcription with non-negative matrix factorization and beta-divergence. In *Proceedings of the international conference on music information retrieval (ismir)* (pp. 489–494).
- [20] Downie, J. S. (2008). The music information retrieval evaluation exchange (2005–2007): A window into music information retrieval research. *Acoustical Science and Technology*, 29 (4), 247–255.
- [21] Downie, J. S., Ehmann, A. F., Bay, M., & Jones, M. C. (2010). The Music Information Retrieval Evaluation eXchange: Some Observations and Insights. In W. A.A. & R. Z.W. (Eds.), *Advances in music information retrieval* (pp. 93–115). Berlin: Springer-Verlag.
- [22] Durand, S., Bello, J. P., David, B., & Richard, G. (2015). Downbeat tracking with multiple features and deep neural networks. In *Acoustics, speech and signal processing (icassp)* (pp. 409–413).
- [23] Emiya, V., Badeau, R., & David, B. (2010, aug). Multipitch Estimation of Piano Sounds Using a New Probabilistic Spectral Smoothness Principle. *IEEE Transactions on Audio, Speech, and Language Processing*, 18 (6), 1643–1654. doi: 10.1109/TASL.2009.2038819
- [24] Farbood, M. (2010). Working memory and the perception of hierarchical tonal structures. In *Proceedings of international conference of music perception and cognition* (pp. 219–222). Seattle.
- [25] Gelfand, S. A. (2004). Hearing: An introduction to psychological and physiological acoustics. *CRC Press*.
- [26] Gerhard, D. (2003). Pitch Extraction and Fundamental Frequency: History and Current Techniques (Tech. Rep.). Regina: University of Regina, Saskatchewan, Canada.
- [27] Gomez, E., & Herrera, P. (2004). Estimating the Tonality of Polyphonic Audio Files: Cognitive versus Machine Learning Modelling Strategies. In *Proceedings of the international conference on music information retrieval (ismir)* (pp. 92–95). Barcelona.
- [28] Grindlay, G., & Ellis, D. P. W. (2011, oct). Transcribing Multi-Instrument Polyphonic Music With Hierarchical Eigeninstruments. *IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing*, 5 (6), 1159–1169. doi: 10.1109/JSTSP.2011.2162395
- [29] Hamanaka, M., Hirata, K., & Tojo, S. (2006, dec). Implementing “A Generative Theory of Tonal Music” *Journal of New Music Research*, 35 (4), 249–277. Retrieved from <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09298210701563238>, doi: 10.1080/09298210701563238
- [30] Harte, C., Sandler, M., Abdallah, S., & Gomez, E. (2005). Symbolic representation of musical chords: A proposed syntax for text annotations. In *Proceedings of the international conference on music information retrieval (ismir)*. London.
- [31] Hawthorne, C., Elsen, E., Song, J., Roberts, A., Simon, I.,

- Raffel, C., . . . Eck, D. (2017, oct). Onsets and Frames: Dual-Objective Piano Transcription. Retrieved from <http://arxiv.org/abs/1710.11153>
- [32] Hirata, K., Tojo, S., & Hamanaka, M. (2007). Techniques for Implementing the Generative Theory of Tonal Music. In *Proceedings of the international conference on music information retrieval (ismir)*. Vienna.
- [33] Holzapfel, A., Davies, M. E. P., Zapata, J. R., Oliveira, J. L., & Gouyon, F. (2012, nov). Selective Sampling for Beat Tracking Evaluation. *IEEE Transactions on Audio, Speech, and Language Processing*, 20 (9), 2539–2548. doi: 10.1109/TASL.2012.2205244
- [34] Hsu, J.-L., Liu, C.-C., & Chen, A. L. (2001). Discovering non-trivial repeating patterns in music data. *IEEE Transactions on Multimedia*, 3 (3), 311–325.
- [35] Humphrey, E. J., Bello, J. P., & LeCun, Y. (2012). Moving beyond feature design: deep architectures and automatic feature learning in music informatics. In *Proceedings of the international conference on music information retrieval (ismir)*. Porto.
- [36] Jeong, I.-Y., & Lee, K. (2016). Learning Temporal Features Using a Deep Neural Network and its Application to Music Genre Classification. In *Proceedings of the international conference on music information retrieval (ismir)* (pp. 434–440). New York.
- [37] Kelz, R., Dorfer, M., Korzeniowski, F., Bock, S., Arzt, A., & Widmer, G. (2016). On the Potential of Simple Framework Approaches to Piano Transcription. In *Proceedings of the international conference on music information retrieval (ismir)* (pp. 475–481). New York.
- [38] Klapuri, A., & Davy, M. (Eds.). (2006). *Signal Processing Methods for Music Transcription*. New York: Springer. Retrieved from <http://www.springer.com/engineering/signals/book/978-0-387-30667-4>
- [39] Klapuri, A. P. (2004, sep). Automatic Music Transcription as We Know it Today. *Journal of New Music Research*, 33 (3), 269–282. doi: 10.1080/0929821042000317840
- [40] Knopke, I., & Juřrgensen, F. (2009). A system for identifying common melodic phrases in the masses of palestrina. *Journal of New Music Research*, 38 (2), 171–181.
- [41] Korzeniowski, F., & Widmer, G. (2016). Feature Learning for Chord Recognition: the Deep Chroma Extractor. In *Proceedings of the international conference on music information retrieval (ismir)* (pp. 37–43). New York.
- [42] Korzeniowski, F., & Widmer, G. (2017). End-to-End Musical Key Estimation Using a Convolutional Neural Network. In *Proceedings of the european signal processing conference (eusipco)* (pp. 996–1000). Kos Island, Greece.
- [43] Lartillot, O. (2014). Submission to MIREX Discovery of Repeated Themes and Sections. In *10th annual music information retrieval exchange (mirex'14)* (pp. 1–3). Taipei.
- [44] Laurier, C., Meyers, O., Serrà, J., Blech, M., Herrera, P., & Serra, X. (2009, oct). Indexing music by mood: design and integration of an automatic content-based annotator. *Multimedia Tools and Applications*, 48 (1), 161–184. doi: 10.1007/s11042-009-0360-2
- [45] Lee, J., Park, J., Kim, K., & Nam, J. (2018, jan). SampleCNN: End-to-End Deep Convolutional Neural Networks Using Very Small Filters for Music Classification. *Applied Sciences*, 8 (2), 150. doi: 10.3390/app8010150
- [46] Lerdahl, F., & Jackendoff, R. (1983). *A generative theory of tonal music*. Cambridge: MIT Press.
- [47] Marolt, M. (2004, jun). A Connectionist Approach to Automatic Transcription of Polyphonic Piano Music. *IEEE Transactions on Multimedia*, 6 (3), 439–449. doi: 10.1109/TMM.2004.827507
- [48] Marsden, A. (2010, sep). Schenkerian Analysis by Computer: A Proof of Concept. *Journal of New Music Research*, 39 (3), 269–289. Retrieved from <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09298215.2010.503898> doi: 10.1080/09298215.2010.503898
- [49] Mauch, M., & Dixon, S. (2008). A Discrete Mixture Model for Chord Labelling. In *Proceedings of the international conference on music information retrieval (ismir)* (Vol. 1, pp. 45–50). Philadelphia.
- [50] Mauch, M., & Dixon, S. (2010). Approximate Note Transcription For The Improved Identification Of Difficult Chords. In *Proceedings of the international conference on music information retrieval (ismir)*. Utrecht.
- [51] Mauch, M., Dixon, S., & Harte, C. (2007). Discovering Chord Idioms Through Beatles and Real Book Songs. In *Proceedings of the international conference on music information retrieval (ismir)*. Vienna.
- [52] McDermott, J. H., & Oxenham, A. J. (2008). Music perception, pitch and the auditory system. *Current Opinion in Neurobiology*, 1 (18), 452–463.
- [53] Meredith, D. (2013). COSIATEC AND SIATECCOMPRESS: PATTERN DISCOVERY BY GEOMETRIC COMPRESSION. In *Proceedings of the international conference on music information retrieval (ismir)* (pp. 1–6).
- [54] Meredith, D., Lemstrom, K., & Wiggins, G. A. (2002, dec). Algorithms for discovering repeated patterns in multidimensional representations of polyphonic music. *Journal of New Music Research*, 31 (4), 321–345. doi: 10.1076/jnmr.31.4.321.14162
- [55] Müller, M., & Ewert, S. (2011). Chroma Toolbox: MATLAB Implementations for Extracting Variants of Chroma-Based Audio Features. In *Proceedings of the international conference on music information retrieval (ismir)* (pp. 288–295). Miami.
- [56] Nam, J., Ngiam, J., Lee, H., & Slaney, M. (2011). A Classification-Based Polyphonic Piano Transcription Approach Using Learned Feature Representations. In *Proceedings of the international conference on music information retrieval (ismir)* (pp. 175–180). Miami.
- [57] Ni, Y., McVicar, M., Santos-Rodriguez, R., & Bie, T. D. (2012). Using Hyper-genre Training to Explore Genre Information for Automatic Chord Estimation. In *Proceedings of the international conference on music information retrieval (ismir)* (pp. 109–114). Porto.
- [58] Noland, K., & Sandler, M. (2006). Key Estimation Using a Hidden Markov Model. In *Proceedings of the international conference on music information retrieval (ismir)*. Victoria.
- [59] Papadopoulos, H., & Peeters, G. (2007). Large-case Study of Chord Estimation Algorithms Based on Chroma Representation and HMM. *Content-Based Multimedia Indexing*, 53-60 .
- [60] Papadopoulos, H., & Peeters, G. (2011). Joint Estimation of Chords and Downbeats From an Audio Signal. *IEEE Transactions on Audio, Speech, and Language Processing*, 19 (1), 138–152.
- [61] Pertusa, A., & Inˆesta, J. M. (2012). Efficient methods for joint estimation of multiple fundamental frequencies in music signals. *EURASIP Journal on Advances in Signal Processing*, 2012 (1), 27. doi: 10.1186/1687-6180-2012-27
- [62] Pesek, M., Leonardis, A., & Marolt, M. (2017a). Robust Real-Time Music Transcription with a Compositional Hierarchical Model. *PLoS ONE*, 12 (1). doi: 10.1371/journal.pone.0169411
- [63] Pesek, M., Leonardis, A., & Marolt, M. (2017b, nov). SymCHM—An Unsupervised Approach for Pattern Discovery in Symbolic Music with a Compositional Hierarchical Model. *Applied Sciences*, 7 (11), 1135. Retrieved from <http://www.mdpi.com/2076-3417/7/11/1135> doi: 10.3390/app7111135

- [64] Pesek, M., Strle, G., Kavčič, A., & Marolt, M. (2017). The Moodo dataset: Integrating user context with emotional and color perception of music for affective music information retrieval. *Journal of New Music Research*, 46 (3), 1–15. doi: 10.1080/09298215.2017.1333518
- [65] Ren, I. Y., Koops, H. V., Volk, A., & Swierstra, W. (2017). In Search of the Consensus Among Musical Pattern Discovery Algorithms. In *Proceedings of the international conference on music information retrieval (ismir)* (pp. 671–678). Suzhou, China.
- [66] Rigaud, F., & Radenen, M. (2016). Singing Voice Melody Transcription using Deep Neural Networks. In *Proceedings of the international conference on music information retrieval (ismir)* (pp. 737–743). New York.
- [67] Roebel, A., & Rodet, X. (2010, aug). Multiple Fundamental Frequency Estimation and Polyphony Inference of Polyphonic Music Signals. *IEEE Transactions on Audio, Speech, and Language Processing*, 18 (6), 1116–1126. doi: 10.1109/TASL.2009.2030006
- [68] Ryyñänen, M. P., & Klapuri, A. P. (2008, sep). Automatic Transcription of Melody, Bass Line, and Chords in Polyphonic Music. *Computer Music Journal*, 32 (3), 72–86. doi: 10.1162/comj.2008.32.3.72
- [69] Sapp, C. S. (2005). Visual hierarchical key analysis. *Computers and Entertainment*, 3 (4), 1–19.
- [70] Schenker, H. (1980). *Harmony*. University of Chicago Press.
- [71] Scholz, R., Vincent, E., & Bimbot, F. (2009, apr). Robust modeling of musical chord sequences using probabilistic N-grams. In *Proceedings of international conference on acoustics, speech, and signal processing (icassp)* (pp. 53–56). IEEE. doi: 10.1109/ICASSP.2009.4959518
- [72] Sheh, A., & Ellis, D. (2003). Chord segmentation and recognition using EM-trained hidden Markov models. In *Proceedings of the international conference on music information retrieval (ismir)* (pp. 1–7). Baltimore.
- [73] Sigtia, S., Boulanger-Lewandowski, N., & Dixon, S. (2015). Audio Chord Recognition With A Hybrid Recurrent Neural Network. In *Proceedings of the international conference on music information retrieval (ismir)* (pp. 127–133). Malaga.
- [74] Smaragdis, P., & Brown, J. (2003). Non-negative matrix factorization for polyphonic music transcription. In *2003 IEEE workshop on applications of signal processing to audio and acoustics* (pp. 177–180). IEEE. doi: 10.1109/ASPAA.2003.1285860
- [75] Smith, J. B. L., Burgoyne, J. A., Fujinaga, I., De Roue, D., & Downie, J. S. (2011). Design and Creation of a Large-scale Database of Structural Annotations. In *Proceedings of the international conference on music information retrieval (ismir)* (pp. 555–560). Miami.
- [76] Tirovolas, A. K., & Levitin, D. J. (2011). music perception and cognition research from 1983 to 2010: a categorical and bibliometric analysis of empirical articles in Music Perception. *Music Perception: An Interdisciplinary Journal*, 29 (1), 23–36.
- [77] Tkalčič, M., Maleki, N., Pesek, M., Elahi, M., Ricci, F., & Marolt, M. (2017). A Research Tool for User Preferences Elicitation with Facial Expressions. In *Proceedings of the eleventh ACM conference on recommender systems* (pp. 353–354). Como, Italy: ACM. doi: 10.1145/3109859.3109978
- [78] Tolonen, T., & Karjalainen, M. (2000). A computationally Efficient Multipitch Analysis Model. *IEEE Transactions on Speech and Audio Processing*, 8 (6), 708–716.
- [79] Velarde, G., & Meredith, D. (2014). Submission to MIREX Discovery of Repeated Themes and Sections. In *10th annual music information retrieval exchange (mirex'14)* (pp. 1–3). Taipei.
- [80] Vincent, E., Bertin, N., & Badeau, R. (2010, mar). Adaptive Harmonic Spectral Decomposition for Multiple Pitch Estimation. *IEEE Transactions on Audio, Speech, and Language Processing*, 18 (3), 528–537. doi: 10.1109/TASL.2009.2034186
- [81] Wang, C.-i., Hsu, J., & Dubnov, S. (2015). Music Pattern Discovery with Variable Markov Oracle: A Unified Approach to Symbolic and Audio Representations. In *Proceedings of the international conference on music information retrieval (ismir)* (pp. 176–182). Malaga.
- [82] Wengler, F., Kirst, C., Schuller, B., & Bungartz, H.-J. (2013). A discriminative approach to polyphonic piano note transcription using supervised non-negative matrix factorization. In *Proceedings of international conference on acoustics, speech, and signal processing (icassp)* (pp. 6–10). Vancouver.
- [83] Wiggins, G. A., & Forth, J. (2015). IDyOT: A Computational Theory of Creativity as Everyday Reasoning from Learned Information. In *Computational creativity research: Towards creative machines* (pp. 127–148). Atlantis Press, Paris.
- [84] Woolhouse, M., Cross, I., & Horton, T. (2006). The perception of non-adjacent harmonic relations. In *Proceedings of international conference on music perception and cognition*. Bologna.
- [85] Zeiler, M. D., & Fergus, R. (2014). Visualizing and Understanding Convolutional Networks. In D. Fleet, T. Pajdla, B. Schiele, & T. Tuytelaars (Eds.), *Computer vision – eccv 2014* (Vol. 8689, pp. 818–833). Springer International Publishing.

Matevž Pesek je asistent in raziskovalec na Fakulteti za računalništvo in informatiko Univerze v Ljubljani, kjer je leta 2012 diplomiral in leta 2018 doktoriral iz računalništva. Od leta 2009 je član Laboratorija za računalniško grafiko in multimedije. Njegovi raziskovalni interesi so biološko navdihnjeni modeli, globoke arhitekture, kompozicionalno hierarhično modeliranje in multimodalna percepcija glasbe, vključno z interakcijo človek – računalnik in vizualizacijo za analizo zvoka in glasbe.

Spoznavanje celovitih informacijskih rešitev z uporabo igrifikacije

Tina Beranič, Alen Rajšp, Marjan Heričko

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko, Koroška cesta 46, 2000 Maribor

tina.beranic@um.si, alen.rajsp@um.si, marjan.hericko@um.si

Izvleček

Celovite informacijske rešitve so obsežni in kompleksni sistemi, katerih učinkovito poučevanje zahteva uporabo inovativnih metod. Omenjene rešitve pomenijo poseben izziv predvsem študentom, ki se z njimi srečujejo prvič, pri tem pa imajo za njihovo spoznavanje predvideno kratko časovno obdobje. Če k temu dodamo še dejstvo, da trenutno poučujemo digitalne generacije, lahko uporaba elementov igrifikacije pri poučevanju občutno pripomore k učinkovitosti podajanja in utrjevanja študijske snovi. V okviru predmeta Celovite informacijske rešitve smo kot uvod v predmet uporabili poslovno igro simulacije ERPsim, temelječo na rešitvi SAP ERP, ki velja za eno najbolj razširjenih celovitih informacijskih rešitev. Glede na mnenja, zbrana v okviru dveh generacij študentov informatike in tehnologij komuniciranja, uporabljena igra simulacije poslovanja pozitivno vpliva na premostitev začetnih ovir pri uporabi rešitve SAP ERP. Pomemben vpliv izvedene začetne delavnice se odraža tudi v lažjem razumevanju sledeče študijske snovi. Študenti namreč skozi igro simulacije usvojijo in utrdijo osnovne koncepte rešitve SAP ERP tako z vidika poslovnih procesov kot tudi z vidika tehničnih znanj, potrebnih za uporabo celovite rešitve. Analiza zbranih mnenj je tako potrdila naša pričakovanja, da je mogoče z uporabo elementov igrifikacije tudi zapletenejše koncepte predstaviti na učinkovit in za študente zanimiv način.

Ključne besede: celovite informacijske rešitve, poučevanje, igrifikacija, igra simulacije poslovanja.

Abstract

ERP solutions are extensive and complex systems the teaching of which requires the use of innovative methods. Multiple challenges must be addressed to improve the achieved level of knowledge. Among other, participants that meet with ERP systems for the first time, with only a short period allotted for learning, and challenges arising from the teaching of digital generations. Consequently, the use of gamification can significantly contribute to the effectiveness of teaching and consolidation of knowledge. Within the subject ERP systems, we conducted an introductory workshop using the business simulation game, ERPsim. The simulation game runs on SAP ERP, which is one of the most widely used ERP systems. According to the opinions gathered from the two generations of students of informatics and communication technologies, the subject simulation game has a positive impact on initial obstacles while using SAP ERP. An important influence is also reflected in the better understanding of the subsequent curriculum since the students with the introductory workshop have already acquired and consolidated the basic concepts of the SAP ERP in terms of business processes and technical knowledge needed for using ERP systems. The analysis of collected opinions confirmed our expectations that complicated concepts can be introduced more efficiently by using gamification.

Keywords: ERP solutions, teaching, gamification, business simulation game.

1 UVOD

Celovite informacijske rešitve so temelj uspešnega poslovanja podjetij. Gre za sisteme, ki jih sestavlja več modulov in omogočajo integracijo podatkov v okviru podjetja z uporabo poslovnih procesov (Esteves in Pastor, 2001). So kompleksni sistemi s širokim

razponom tesno povezanih funkcionalnosti in pomenijo izziv predvsem tistim, ki se z njimi srečujejo prvič. V to skupino spadajo tudi študenti. Ne glede na to, ali jih bodo pri svojem prihodnjem delodajalcu vpeljevali, uporabljali, vzdrževali ali razvijali, je priporočljivo, da se z osnovnimi koncepti spoznajo že

v okviru visokošolskega izobraževanja. Poseben podarek zahteva poučevanje celovitih informacijskih rešitev v študijskih programih, povezanih z informatiko. V omenjenih študijskih programih je za spoznavanje celovitih rešitev na voljo razmeroma kratko obdobje in omejeno število ur, če pa k temu dodamo še izzive, povezane s poučevanjem digitalne generacije študentov, pa je nujno, da za doseganje dobrih rezultatov in povečanje sodelovanja k poučevanju pristopimo na zanimiv in inovativen način.

Za razliko od prejšnjih generacij so digitalne generacije študentov usmerjene k oblikovanju in kreiranju lastnega znanja ter učenju, ki temelji na sodelovanju (Sweeney, 2006). Prav tako jim ustreza princip učenja z delom (angl. learning-by-doing) v okolju, podprtem s tehnologijo, ki jim omogoča večjo produktivnost in povezanost (Sweeney, 2006). Kot so pokazale študije, obstaja neposredna povezava med zadrževanjem znanja ter vpletenostjo učečega. Kot prikazuje piramida učenja na sliki 1, je pri praktičnih metodah poučevanja zadrževanje znanja ocenjeno na 75 odstotkov (Greene, 2011). Večje zadrževanje znanja je ocenjeno zgolj pri metodi poučevanja drugih, medtem ko je odstotek zadržanega znanja pri klasičnih predavanjih izjemno nizek.

Učne preference digitalne generacije študentov se tako predvsem zavoljo bogatih izkušenj, povezanih s tehnologijo, močno razlikujejo od prejšnjih generacij

(Bennett, Maton, Kervin, 2008). Vse to še bolj poudari potrebo po vpeljavi novih oblik poučevanja, katerih primer je tudi uporaba elementov igrifikacije. Igrifikacija je pristop, ki elemente, značilne za igre, uporabi v neigralskih kontekstih s ciljem povečati motiviranost in zavzetost sodelujočih (Deterding, Dixon, Khaled, Nacke, 2011). Obe imata namreč ključen vpliv na končni rezultat opravila (Deterding, Khaled, Nacke, Dixon, 2011).

V okviru prispevka bomo predstavili izkušnje z uporabo igrifikacije pri poučevanju celovitih informacijskih rešitev v sklopu študijskega programa Informatika in tehnologije komuniciranja. Raziskava temelji na analizi zbranih mnenj dveh generacij študentov magistrskega študijskega programa. Seznanje z osnovnimi koncepti celovitih informacijskih rešitev smo izvedli z uporabo poslovne igre simulacije, ki je služila kot podlaga za nadaljnje praktične aktivnosti pri predmetu. Med rešitvami, ki jih študenti spoznajo, v praktičnem delu največ časa posvetijo rešitvi SAP ERP. Posledično smo za uvod v predmet uporabili distribucijsko poslovno igro ERPsim (Léger, P.-M., Robert, J., Babin, G., Pellerin, R., Wagner, 2007). Gre za igro simulacije, ki pokriva osnovne koncepte sistema SAP, prav tako pa tudi poslovno perspektivo implementacije rešitev ERP. Izvedba začetne delavnice je temeljila na tezi, da je mogoče *obsežne rešitve, kot je SAP ERP, lažje vpeljati s pomočjo elementov igrifikacije,*



Slika 1: Piramida učenja z odstotki zadržanega znanja (Greene, 2011)

pozitiven vpliv z vidika razumevanja sistema pa se kaže tudi pri nadaljevanju praktičnega dela pri omenjenem sistemu. V nadaljevanju predmeta študenti namreč nadaljujejo praktično delo s pomočjo sistema SAP ERP, pri čemer spoznavajo vsak modul sistema posebej. Učenje poteka z uporabo konkretnih scenarijev simuliranega podjetja, ki so vpeti v študije primerov, oblikovane za posamezni modul.

V okviru izvedene raziskave smo nasloviti raziskovalno vprašanje: *Ali vpeljava celovitih informacijskih rešitev s pomočjo elementov igrifikacije poveča uspešnost, zadovoljstvo in sodelovanje študentov?*

Struktura članka v nadaljevanju: razdelek 2 predstavlja teoretične osnove pridobivanja znanja, koncept igrifikacije in ozadje poslovnih iger. Sledi opis izvedbe igre simulacije ERPsim ter osnovne značilnosti uporabljenega sistema. V razdelku 4 so predstavljene in analizirane zbrane izkušnje dveh generacij študentov in izvajalcev izpeljane delavnice, razdelek 5 pa članek konča s sklepom in opisom nadaljnjih raziskav.

2 TEORETIČNO OZADJE IN SORODNA DELA

2.1 IGRIFIKACIJA

Deterding in soavtorji igrifikacijo definirajo kot uporabo elementov, značilnih za igre v neigralnih kontekstih (Deterding, Dixon idr., 2011). Kot navajajo, sam izraz igrifikacija izvira iz industrije digitalnih medijev in se je prvič pojavil leta 2008, vendar njegove splošne sprejetosti do leta 2010 ni zaznati (Deterding, Dixon idr., 2011). Zichermann in Cunningham opisujeta igrifikacijo kot uporabo razmišljanja, značilnega za igre in uporabo elementov iger za namen reševanja izzivov in vključitev sodelujočih (Zichermann in Cunningham, 2011). Elemente iger so v raziskavi

natančneje obravnavali Khaleel in soavtorji (Khaleel, Sahari@Ashaari, Wook, Ismail, 2016). S pripadajočimi motivi so predstavljeni v tabeli 1. Kot so ugotovili v raziskavi, vsakemu elementu igre pripadajo lastna dinamika in motiv (Khaleel idr., 2016), ki naj bi ga začutil uporabnik, njegov namen pa je povečanje pripadnosti dodeljeni nalogi. Tako na primer element igre položaj na lestvici predstavlja tekmovanje, njegov pripadajoči motiv pa je potreba po prepoznavnosti v družbi. Zgolj uporaba posameznih elementov igrifikacije sama po sebi še ne zagotavlja motiviranosti in zavzetosti uporabnikov. Poseben pomen ima predvsem kombinacija za to primernih elementov, ki skupaj tvorijo celoto.

Simulacijska igra ERPsim, ki smo jo uporabili pri spoznavanju celovitih informacijskih rešitev, vsebuje te elemente iger (Rajšp, Beranič, Heričko, Horng-Jyh, 2017):

- sistem točkovanja in lestvic – igra meri rezultate ekip in prikazuje lestvice najboljših udeležencev;
- časovna omejitev – sodelujoče ekipe imajo omejen čas za izvedbo odločitev, vsak dan v igri pa sovпада z minuto realnega časa;
- interaktivno sodelovanje – igralci si znotraj ekip razdelijo opravila, saj lahko le tako v omejenem času opravijo vse zahtevane naloge;
- dokumentacija – igralci imajo na voljo video vodiče in na enem listu strnjene vse pomembne informacije, povezane z igro simulacije;
- posledice – vsako dejanje v poslovni igri nosi določene posledice, ki vplivajo na njen potek;
- strategija – spodbujanje ekip k iskanju pravilnega razmerja med ceno produktov, časom in količino nabave ter stroški, porabljenimi za izvajanje marketinških dejavnosti;

Tabela 1: Povezava med elementi iger in notranjimi motivi igralcev (Khaleel idr., 2016)

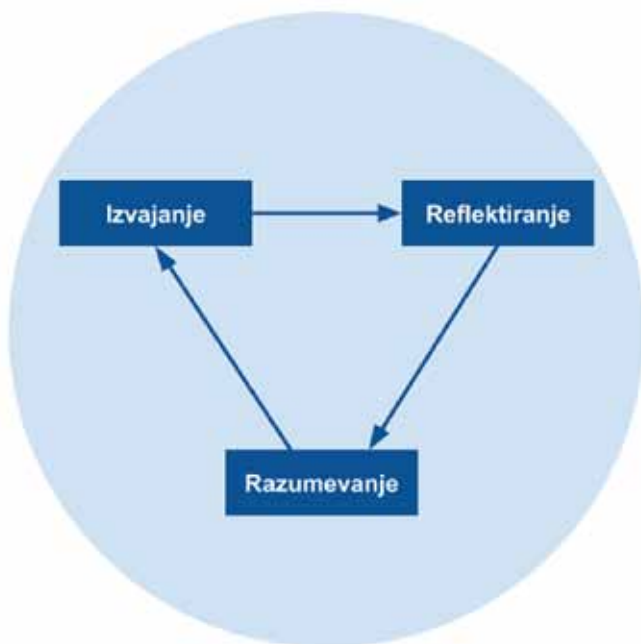
Implementacija	Element iger		Motiv
		Predstavlja	
Dokumentacija, odprt svet	Raziskovanje		Intelektualna stimulacija
Sistemi točkovanja, značke, trofeje	Zbiranje		Potreba po dosežkih
Položaji na lestvici	Tekmovanje		Potreba po družbeni prepoznavnosti
Nivoji, položaji v hierarhiji, točke ugleda	Pridobitev statusa		Potreba po družbeni prepoznavnosti
Skupinske naloge	Sodelovanje		Potreba po druženju
Omejen čas, naloge, misije	Iziv		Kognitivna stimulacija
Avatarji, virtualni svetovi, virtualno trgovanje	Razvoj/organizacija		Izražanje samoodločbe

- pomanjkanje – velikost trga je omejena, zato skupine s svojimi odločitvami pomembno vplivajo na svoj položaj na trgu.

Motivacija uporabnika igrifikacije pa je v veliki meri odvisna tudi od njegovega ozadja, zaradi česar je priporočljivo, da vsak uporabljeni primer implementacije elementov iger prilagodimo demografskim lastnostim sodelujočih (Deterding, Khaled idr., 2011).

2.2 PRIDOBIVANJE ZNANJA IN POSLOVNE IGRE SIMULACIJE

Izkustvena teorija učenja, ki jo je oblikoval David A. Kolb, temelji na tezi, da je učenje proces, pri katerem se znanje ustvarja s pomočjo transformacije pridobljenih izkušenj (Kolb, 1984). Monk in Lycett v svojem delu predstavljata poenostavljen izkustveni učni cikel, prikazan na sliki 2 (Monk in Lycett, 2016). V okviru procesa učenja se izmenjujejo koraki reflektiranja, razumevanja in izvajanja (Monk in Lycett, 2016). Primer izkustvenega učenja predstavlja tudi uporaba iger simulacij poslovanja. Krog učenja se začne z razumevanjem poslovne igre simulacije, sledita sprejemanje in implementacija odločitev, ki temelji na pridobljenem znanju, ne nazadnje pa se učni krog sklene z odzivom sodelujočih in njihovim



Slika 2: Poenostavljeni Kolblov izkustveni učni cikel (Monk in Lycett, 2016)

reflektiranjem povratnih informacij, prejetih na podlagi izvedenih dejanj.

Med dostopnimi simulacijami poslovnih iger je tudi rešitev ERPsim (Léger idr., 2010), ki smo jo uporabili v okviru spoznavanja celovitih informacijskih rešitev. Léger (Léger, 2006) predstavlja način učenja z delom, pri čemer študenti vodijo fiktivno podjetje, ki za svoje poslovanje uporablja sistem SAP ERP. Tega študenti spoznavajo v nadaljevanju praktičnega dela predmeta, ker je pripomoglo tudi k izbiri omejenih poslovnih iger simulacije. Pedagoški cilji igre obsegajo razvoj praktičnega razumevanja konceptov poslovanja podjetij, demonstracijo prednosti integracije različnih področij poslovanja in razvoj tehničnih spretnosti za uporabo rešitev ERP (Léger, 2006; Seethamraju, 2011). Avtorji (Léger idr., 2011) v svojem delu izpostavijo tudi izzive, prisotne pri poučevanju celovitih rešitev, ki jih naslavlja igra simulacije ERPsim, hkrati pa navajajo nasvete za vzpostavitev učnega okolja ter predstavijo konkreten primer izvedbe igre simulacije.

Začetki poslovnih iger segajo do leta 1998, ko prvič zasledimo uporabo iger, katerih glavna značilnost je izvajanje prek spleta (Faria, Hutchinson, Wellington, Gold, 2009). Vpliv tehnoloških sprememb na uporabo in učinkovitost poslovnih iger je mogoče meriti s pomočjo sedmih dimenzij: realizma, dostopnosti, kompatibilnosti, fleksibilnosti, enostavnosti uporabe, podpore sistemom odločanja in komunikacije (Faria idr., 2009). Vse dimenzije namreč pomembno vplivajo tako na razvoj poslovnih iger kot tudi na njihovo uporabo. Igro simulacije so v okviru predmeta uporabili Seethamraju (Seethamraju, 2011) ter Cronan idr. (Cronan, E. Douglas, Alnuaimi, J. Schmidt, 2011), pri čemer so razlike vidne v trajanju in namenu uporabe igre simulacije, posledično pa je primerjava rezultatov z obstoječimi raziskavami nesmiselna. V okviru izvedene raziskave smo namreč igro simulacije uporabili zgolj kot uvod v predmet in kot pomoč pri seznanjanju z osnovami sistema SAP ERP, medtem ko so identificirane sorodne raziskave poslovne igre simulacije uporabljale v daljšem časovnem obdobju poučevanja, pri tem pa se osredotočile na poslovne koncepte, uporabljene v igri ERPsim.

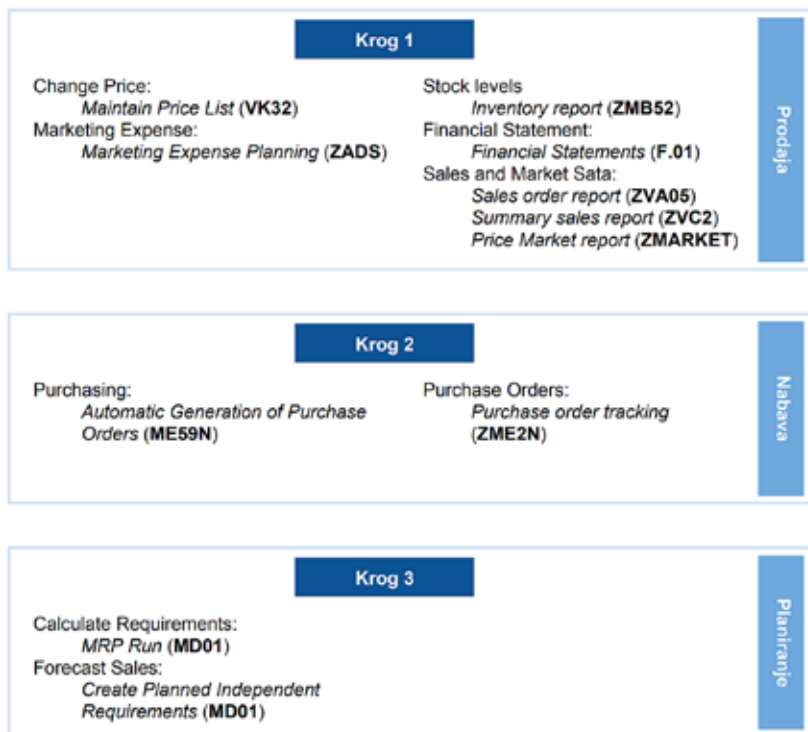
4 VPSELJAVA ELEMENTOV IGRIFIKACIJE

4.1 IZVEDBA DELAVNICE Z UPORABO POSLOVNE IGRE SIMULACIJE

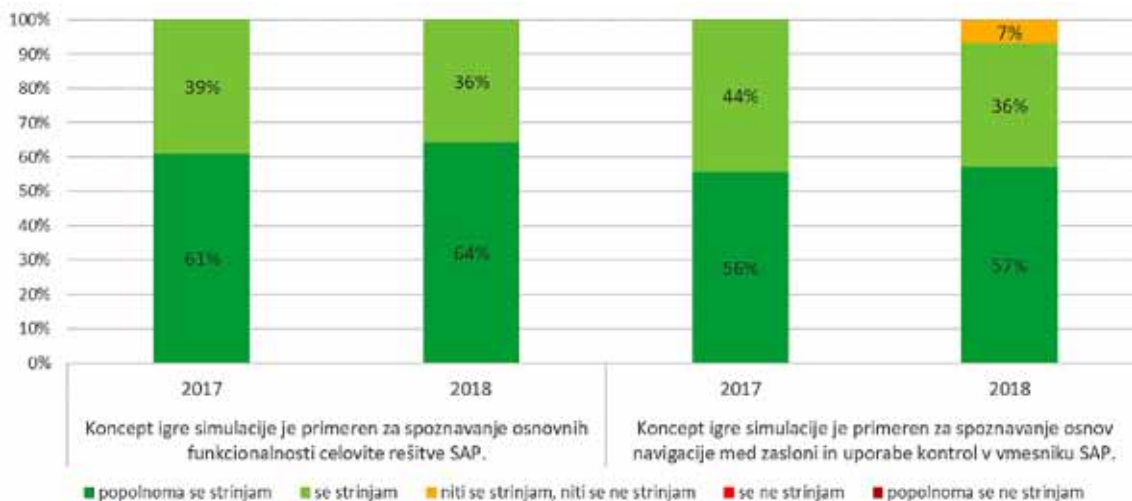
Poslovno igro simulacije ERPsim (Léger, P.-M., Robert, J., Babin, G., Pellerin, R., Wagner, 2007), ki jo razvija ERPsim Lab, HEC Montreal, smo uporabili v okviru uvodne delavnice pri predmetu Celovite informacijske rešitve. Igro je v dveh zaporednih letih vodil in izvedel certificirani inštruktor ERPsim. Izmed treh iger, ki so na voljo v okviru produkta, smo izbrali podjetje, ki simulira distribucijo ustekleničene vode. V simulaciji morajo udeleženci voditi veleprodajno podjetje, ki deluje na nemškem trgu in prodaja šest različnih produktov ustekleničene vode v treh večjih regijah (Léger idr., 2010). Vodo podjetje kupuje od izbranega ponudnika in jo prodaja maloprodajnim enotam. Pri tem sodelujoči izpeljejo poslovne procese planiranja, nabave in prodaje, kot jih, razporejene v tri zaporedne sekcije, prikazuje slika 3. Igra simulacije ERPsim poteka v treh krogih, pri čemer v vsakem krogu preteče 20 delovnih dni. Kot priporočajo navodila za izvedbo igre (Léger idr., 2010), vsakemu izvedenemu krogu sledi izmenjava izkušenj ter poročanje med sodelujočimi skupinami.

Študente smo razdelili v skupine s po tremi oziroma štirimi udeleženci. V okviru vsake skupine so si samostojno poljubno razdelili poslovne vloge, katerih naloga je obvladovanje pripadajočih poslovnih procesov in transakcij v okviru sistema SAP ERP, pri tem pa je lahko posamezni študent zasedel tudi več kot eno vlogo.

Simulacija v vsakem krogu poslovanje dopolni z novim poslovnim procesom, podprtim z dodanimi transakcijami, s tem pa udeležencem omogoča postopno spoznavanje s sistemom SAP. V prvem krogu se udeleženci ukvarjajo zgolj s prodajo. Nadzorovati in določati morajo ceno svojih izdelkov (Condition Maintenance: Change (VK32)) in urediti področje trženja v obliki finančnega vložka v marketing (Marketing Expense Planning (ZADS)). S pomočjo vlaganja v oglaševanje se v okviru simulacije spreminja povpraševanje po izdelkih, kar se odraža v prodani količini in vplivu na konkurente. V prvem krogu lahko sodelujoči spremljajo stanje zalog v skladišču (Inventory Report (ZMB52)), prav tako pa imajo dostop do različnih poročil: finančno poročilo (Financial Statements (F.01)), poročila prodaje (Sales Order Report (ZVA05), Summary Sales Report (ZVC2)) in poročilo cen na trgu (Price Market Report (ZMAR-



Slika 3: Krogi igre simulacije poslovanja in pripadajoče transakcije v okviru sistema SAP ERP



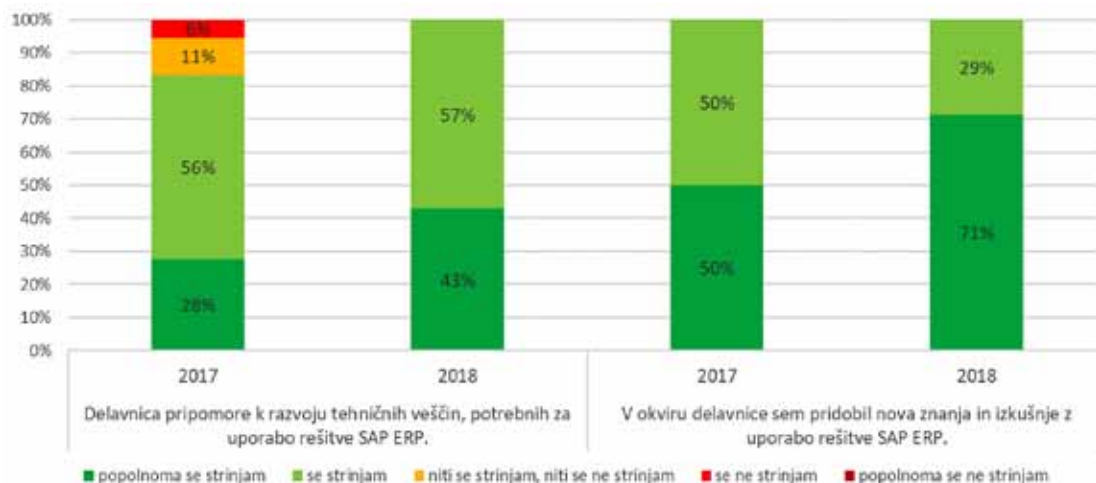
Slika 5: Vprašanja o konceptu iger simulacij poslovanja

vora, strinjali s trditvijo, da je koncept igre simulacije primeren za spoznavanje osnovne navigacije med zasloni oziroma uporabe kontrol v vmesniku SAP. Glede na izkušnje prejšnjih generacij je prav začetek uporabe sistema SAP ERP težaven. V določeni meri je to mogoče pripisati zapletenemu uporabniškemu vmesniku sistema, katerega spoznavanje zahteva svoj čas. Kot je pokazala analiza zbranih mnenj, omenjene težave uspešno rešuje uporaba igrifikacije, saj ta odstrani fokus iz osnovnih funkcionalnosti zavoljo orientiranosti v vsebinske naloge.

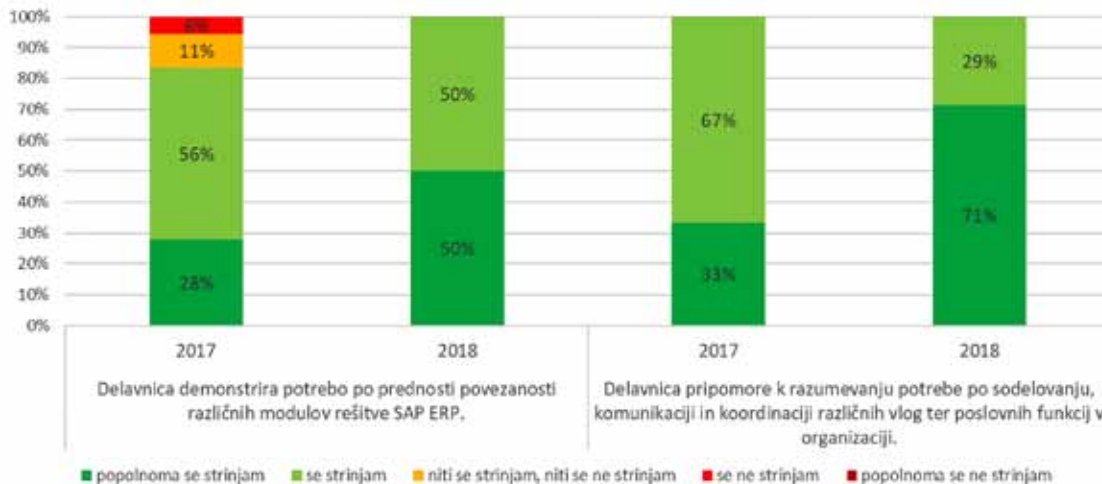
Študenti so ocenili tudi izvedbo delavnice, pri čemer so odgovarjali na štiri trditve. Trditve so preverjale ustreznost velikosti oblikovane skupine, zadostnost podanih navodil izvajalcev delavnice ter študentove subjektivne občutke zabave v okviru izvedbe poslovne igre simulacije. Večina študentov se je s trditvami strinjala, z izjemo nevtralnega odgovora pri trditvi, povezani z zadostnostjo podanih navodil, in nestrinjanja pri trditvi, povezani s subjektivnimi občutki študenta.

Najpomembnejši vidik izvedene delavnice je zagotovo pridobljeno znanje študentov. Slika 6 prikazuje analizo zbranih mnenj, povezanih s pridobivanjem novega znanja in tehničnih veščin, potrebnih za uporabo rešitve SAP ERP. Študenti so z izjemo nestrinjanja in dveh nevtralnih odgovorov v generaciji 2017 potrdili pridobivanje tehničnih veščin v okviru izvedene delavnice igre simulacije poslovanja, prav tako pa so brez izjeme potrdili, da so v okviru delav-

nicentov subjektivne občutke zabave v okviru izvedbe poslovne igre simulacije. Večina študentov se je s trditvami strinjala, z izjemo nevtralnega odgovora pri trditvi, povezani z zadostnostjo podanih navodil, in nestrinjanja pri trditvi, povezani s subjektivnimi občutki študenta.



Slika 6: Vprašanja o pridobljenem znanju in tehničnih veščinah

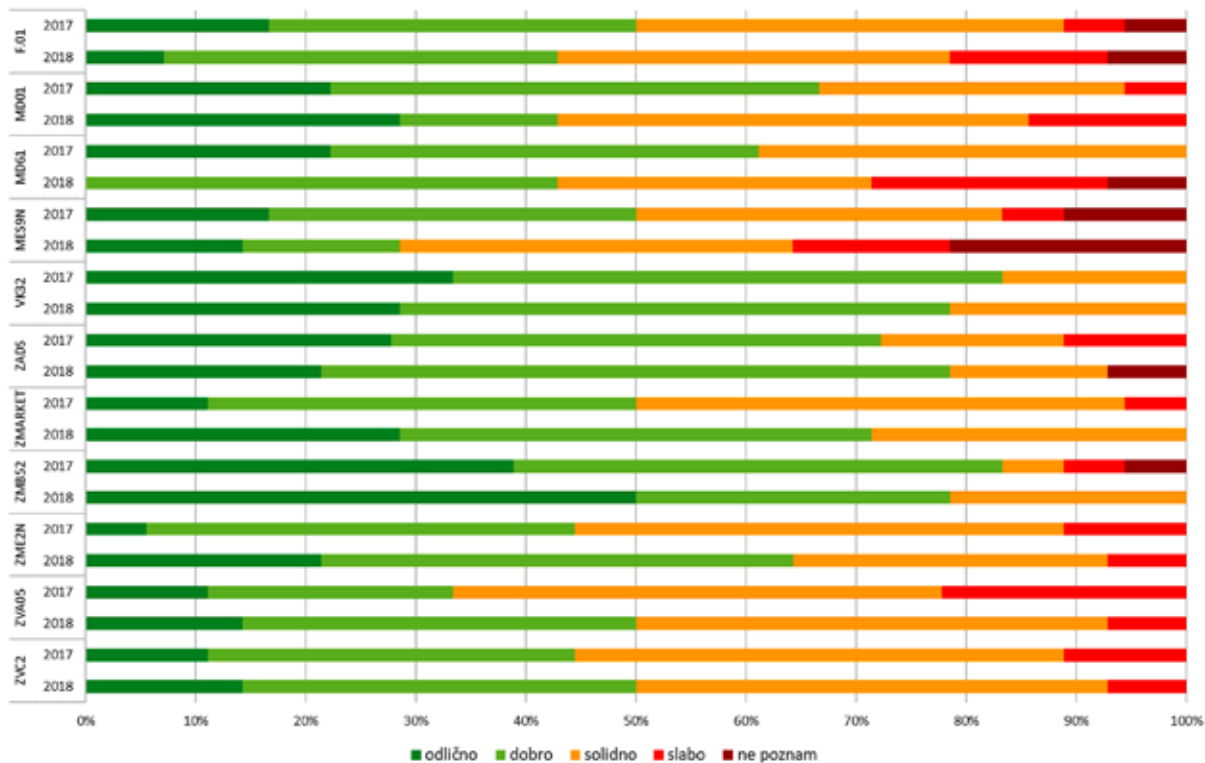


Slika 7: Vprašanja o povezanosti modulov in razumevanju sodelovanja, komunikacije in koordinacije vlog v podjetju

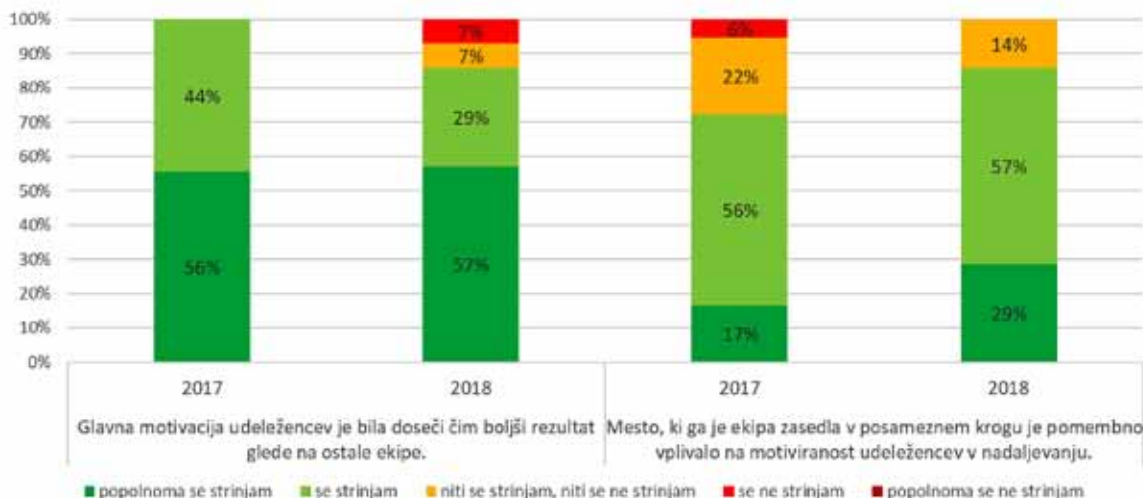
nice pridobili tako nova znanja kot tudi izkušnje z uporabo rešitve SAP ERP.

Dojemanje potrebe po sodelovanju, komunikaciji in koordinaciji različnih vlog v podjetju ter dojemanje prednosti povezave modulov v okviru rešitve SAP ERP prikazuje slika 7. Medtem ko je generacija 2018 brez izjeme potrdila, da delavnica na razumljiv način prikaže in pripomore k razumevanju obeh

konceptov, sta bila v generaciji 2017 dva odgovora nestrinjanja in nevtralen odgovor pri trditvi, povezani z demonstracijo prednosti povezave modulov v okviru obravnavane celovite rešitve. Študenti so z izjemo nevtralnega odgovora pri obeh generacijah potrdili tudi strinjanje s trditvijo, da delavnica pomembno prispeva k razumevanju osnovnih konceptov vodenja podjetja.



Slika 8: Poznavanje, razumevanje in usposobljenost za uporabo transakcije po končani delavnici

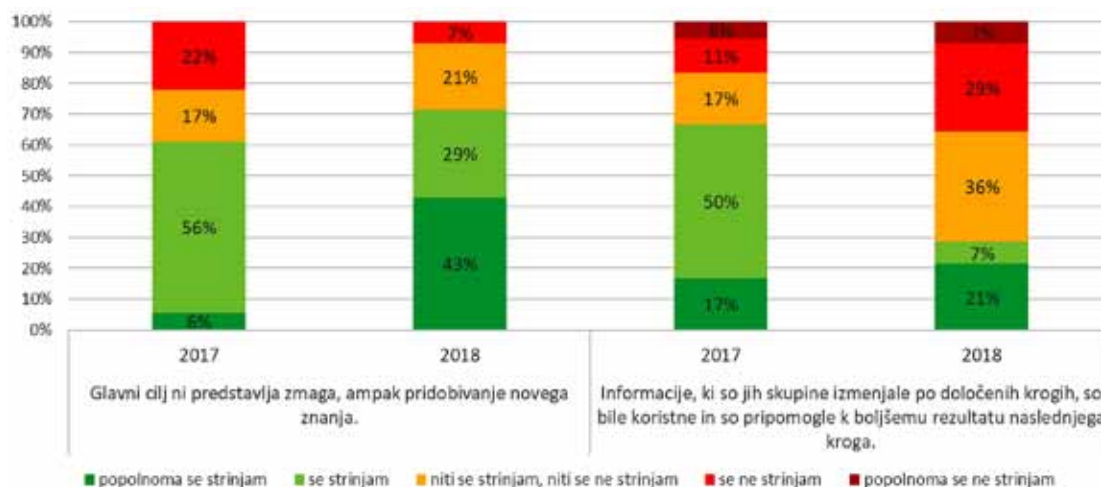


Slika 9: Vprašanja o motiviranosti sodelujočih

Zanimala nas je njihova ocena poznavanja, razumevanja in usposobljenosti za uporabo posameznih transakcij po končani delavnici. Analizo zbranih mnenj prikazuje slika 8. Na podlagi rezultatov je razvidno, da je večina udeležencev sicer usvojila znanja o večini transakcij, vsekakor pa so pri tem še priložnosti za izboljšavo pridobljenega znanja. Ključni dejavnik, ki mu lahko pripišemo nastali položaj, je, da študenti znotraj skupin niso izmenjevali vlog, kar pomeni, da se med igro simulacije z vsemi transakcijami niso imeli priložnosti spoznati. Večina študentov je sodelovala pri spremljanju zalog in prodaje, določanju cen in marketingu. Najmanj so se udeleževali v vlogah spremljanja trga, napredovanja prodaje ter spremljanja in kreiranja naročil. Najslabše razumljeni in usvojeni transakciji sta bili, pred-

vsem v generaciji 2018, transakciji MD61 in MD01, povezani s planiranjem neodvisnega povpraševanja, ki se poslovanju priključijo v tretjem krogu igre. Kot so pokazala zbrana mnenja, sta bili to tudi transakciji, ki so jih študenti najredkeje uporabljali. Nasprotno so študenti najpogosteje uporabljali transakcije spreminjanja cen (VK32), pregleda stanja zalog (ZMB52) in vlaganja v marketing (ZADS).

Zadnja skupina vprašanj je merila dojemanje študentov o timskega vidiku izvedene delavnice. Kot je potrdila večina študentov, je bila komunikacija v okviru skupine ustrezna, kar med drugim pripomore tudi k boljšemu končnemu rezultatu. Slika 9 prikazuje strinjanje s trditvama, povezanimi z motiviranostjo udeležencev. Večino študentov, z izjemo ne-strinjanja in nevtralnega dogovora v generaciji 2018,



Slika 10: Vprašanja o cilju sodelovanja in izmenjavi informacij

je motiviralo mesto, ki so ga zasedli v določenem krogu. Nekaj nevtralnih ter negativni odgovor pa je bilo skupaj z večino pritrdilnih odgovorov povezanih s trditvijo, da je glavni motiv sodelujočih doseči čim boljši rezultat glede na druge ekipe.

Slika 10 prikazuje analizo odgovorov, povezanih s ciljem sodelovanja študentov in koristnosti izmenjanih informacij po vsakem krogu izvajanja igre simulacije. Čeprav je večina študentov sodelovala z namenom pridobivanja novega znanja, so nekateri kot pomemben motiv navedli zmago. Kar nekaj ne-strinjanja je bilo zaznati pri trditvi, ki obravnava izmenjavo informacij med skupinami. Kot smo omenili v razdelku 3.1, priporočila za izvedbo igre po vsakem krogu poslovne igre simulacije predvidijo čas za razpravo in deljenje mnenj med skupinami. Pri tem se je kaj hitro izkazalo, da študenti svoje taktike in delovanja niso pripravljeno deliti, predvsem tisti, ki so zasedali višje položaje na lestvici.

Ne nazadnje pa so se prav vsi študenti obeh let strinjali, da bi bilo koncept uvajanja, ki temelji na igri simulacije, smiselno uporabiti tudi za naslednje generacije, prav tako pa igre simulacije uporabiti tudi pri drugih predmetih.

6 SKLEP

Poučevanje celovitih informacijskih rešitev je lahko, predvsem zaradi obsega snovi in omejenega časovnega obdobja, zahtevna naloga. Zavedajoč se izzivov in omejitev, povezanih tudi s poučevanjem digitalne generacije študentov, smo kot uvod v predmet Celovite informacijske rešitve uporabili poslovno igro simulacije ERPsim. Študenti so se preizkusili kot zaposleni v distribucijskem podjetju, ki za svoje poslovanje uporablja rešitev SAP ERP. Mnenja, ki smo jih zbrali ob koncu s pomočjo vprašalnika, potrjujejo, da so študenti pristop dobro sprejeli, pri čemer so uporabljeni elementi igrifikacije povečali motiviranost in spodbudili tekmovalnost. Uporabljena igra simulacije je pripomogla pri usvojitvi osnov uporabe rešitve SAP ERP, kar je študentom pomembno olajšalo sledenje učni snovi v nadaljevanju predmeta, pri čemer so podrobneje spoznali posamezne module obravnavane celovite rešitve. Pri tem so se lahko osredotočili predvsem na vsebino, saj so osnovne tehnične veščine usvojili že v okviru izvedene delavnice. V okviru nadaljnjih raziskav bomo uvodno delavnico ponovili tudi pri prihajajoči generaciji študentov. Pri tem bomo ponovno zbrali mnenja z uporabo vpra-

šalnika, dodatno pa bomo izvedli tudi objektivno vrednotenje pridobljenega znanja v okviru delavnice poslovne igre simulacije ter na podlagi pridobljenih večletnih rezultatov analizirali morebitne spremembe v okviru različnih populacij študentov.

ZAHVALA

Raziskovalni program št. P2-0057 je sofinancirala Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije iz državnega proračuna.

LITERATURA

- [1] Bennett, S., Maton, K., Kervin, L. (2008). The 'digital natives' debate: A critical review of the evidence. *British Journal of Educational Technology*, 39(5), 775–786. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2007.00793.x>.
- [2] Beranič, T., Rajšp, A., Horng-Jyh, P. W., Heričko, M. (2018). Poučevanje celovitih informacijskih rešitev z uporabo igrifikacije. V *Digitalizacija in mi: zbornik* (str. 1–6). Slovensko društvo Informatika.
- [3] Cronan, T., E. Douglas, D., Alnuaimi, O., J. Schmidt, P. (2011). Decision Making in an Integrated Business Process Context: Learning Using an ERP Simulation Game. *Decision Sciences The Journal of Innovative Education*, 9. <https://doi.org/10.1111/j.1540-4609.2011.00303.x>.
- [4] Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., Nacke, L. (2011). From Game Design Elements to Gamefulness: Defining "Gamification". V *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments* (str. 9–15). New York, NY, USA: ACM. <https://doi.org/10.1145/2181037.2181040>.
- [5] Deterding, S., Khaled, R., Nacke, L., Dixon, D. (2011). Gamification: Toward a Definition. In *CHI 2011 Gamification Workshop Proceedings*. Vancouver, BC, Canada.
- [6] Esteves, J., Pastor, J. A. (2001). Enterprise Resource Planning Systems Research: An Annotated Bibliography. *CAIS*, 7, 8.
- [7] Faria, A. J., Hutchinson, D., Wellington, W. J., Gold, S. (2009). Developments in Business Gaming: A Review of the Past 40 Years. *Simulation & Gaming*, 40(4), 464–487. <https://doi.org/10.1177/1046878108327585>.
- [8] Greene, J. (2011). *How to Use Educational Technology - Business Simulation Games*. Retrieved from <https://www.cesim.com/blog/bid/66888/webinar-for-educators-how-to-teach-with-business-simulation-games>.
- [9] Heričko, M., Rajšp, A., Horng-Jyh, P. W., Beranič, T. (2017). Using a Simulation Game Approach to Introduce ERP Concepts -- A Case Study. V L. Uden, W. Lu, I.-H. Ting (ur.), *Knowledge Management in Organizations* (str. 119–132). Cham: Springer International Publishing.
- [10] Khaleel, F. L., Sahari@Ashaari, N., Wook, T. S. M. T., Ismail, A. (2016). Gamification Elements for Learning Applications. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 6(6), 868–874. <https://doi.org/10.18517/ijaseit.6.6.1379>.
- [11] Kolb, D. A. (1984). *Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall P T R.
- [12] Léger, P.-M., Robert, J., Babin, G., Pellerin, R., Wagner, B. (2007). ERPsim. Montréal, Qc.: ERPsim Lab, HEC Montréal. Retrieved from <https://ersim.hec.ca>.

- [13] Léger, P.-M. (2006). Using a simulation game approach to teach enterprise resource planning concepts. *Journal of Information Systems Education*, 17, 441–447.
- [14] Léger, P.-M., Charland, P., Feldstein, H., Robert, J., Babin, G., Lyle, D. (2011). Business Simulation Training: Guidelines for New Approaches in IT Training. *Journal of Information Technology and Education*, 10, 37–51.
- [15] Léger, P.-M., Robert, J., Babin, G., Lyle, D., Cronan, P., Charland, P. (2010). ERP Simulation Game: A Distribution Game to Teach the Value of Integrated Systems. V *Developments in business simulation and experiential learning* (Vol. 37).
- [16] Monk, E. F., Lycett, M. (2016). Measuring business process learning with enterprise resource planning systems to improve the value of education. *Education and Information Technologies*, 21(4), 747–768. <https://doi.org/10.1007/s10639-014-9352-6>.
- [17] Rajšp, A., Beranič, T., Heričko, M., Hornig-Jyh, P. W. (2017). Students' Perception of Gamification in Higher Education Courses. In *Central European Conference on Information and Intelligent Systems* (str. 69–75). Faculty of Organization and Informatics Varazdin.
- [18] SAP University Alliances. Introduction to ERP using Global Bike 3.1 (2017).
- [19] Seethamraju, R. (2011). Enhancing Student Learning of Enterprise Integration and Business Process Orientation through an ERP Business Simulation Game. *Journal of Information Systems Education*, 22, 19–29.
- [20] Sweeney, R. (2006). Millennial behaviors and demographics. *Library Trends - LIBT*.
- [21] Zichermann, G., Cunningham, C. (2011). *Gamification by Design: Implementing Game Mechanics in Web and Mobile Apps* (1st ed.). O'Reilly Media, Inc.

■

Tina Beranič je asistentka na Fakulteti za elektrotehniko, računalništvo in informatiko Univerze v Mariboru. Doktorirala je leta 2018 iz tematike identifikacije pomanjkljive programske kode. Njeno raziskovalno delo obsega domeno kakovosti programske opreme, še posebej področje programskih metrik in mejnih vrednosti ter njihove uporabe za namen vrednotenja programske opreme. Ukvarja se tudi s področjem revizije informacijskih sistemov, pri čemer je leta 2017 pridobila certifikat CISA (Certified Information Systems Auditor).

■

Alen Rajšp je asistent na Fakulteti za elektrotehniko, računalništvo in informatiko Univerze v Mariboru, kjer je leta 2018 magistriral in si pridobil strokovni naziv magister inženir informatike in tehnologij komuniciranja. Trenutno je študent bolonjskega doktorskega študijskega programa Računalništvo in informatika. Njegovo raziskovalno delo obsega rabo in uvajanje igrifikacije na področjih računalništva in informatike.

■

Marjan Heričko je redni profesor za informatiko na Fakulteti za elektrotehniko, računalništvo in informatiko Univerze v Mariboru, kjer je nosilec več predmetov, ki so v pristojnosti Inštituta za informatiko. Je predstojnik Inštituta ter vodja Laboratorija za informacijske sisteme. Doktoriral je leta 1998 na Univerzi v Mariboru na področju zagotavljanja kakovosti objektno orientiranega razvoja programske opreme. Njegovo raziskovalno delo zajema vsa področja razvoja sodobnih informacijskih rešitev in storitev s poudarkom na naprednih pristopih k modeliranju in načrtovanju informacijskih sistemov, načrtovalskih vzorcih in metrikah.

Ali so slovenska podjetja pripravljena na digitalizacijo poslovanja

Andrej Kovačič
Univerza v Ljubljani, Ekonomska fakulteta
andrej.kovacic@ef.uni-lj.si

Izvleček

Projekti celovite prenove (digitalizacije) poslovanja se pri nas predvsem usmerjajo v prenovu in informatizacijo poslovnih procesov s stališča možnosti informacijske tehnologije. Osredotočeni so na vprašanja in cilje dviga učinkovitosti, zanemarjajo pa, zaradi odsotnosti predhodne obravnave strateške ravni, vprašanja in cilje, ki so povezani z uspešnostjo poslovanja organizacije. Namen prispevka je predstaviti digitalno preobrazbo in nakazati možne poti njene uveljavitve. Pri tem gre za strateški pristop k preobrazbi poslovne doktrine in posledični prenovi poslovanja. V zaključku skušamo oceniti pripravljenost obstoječih slovenskih podjetij na digitalno preobrazbo.

Ključne besede: digitalizacija, podjetja, poslovni procesi.

Abstract

Projects of business renovation (digitalization) mainly focus on the renovation and computerization of business processes from the perspective of the possibilities of information technology. They are focused on issues and the aims of raising efficiency, but neglect due to the absence of prior consideration of the strategic level the issues and goals that are related to the organization's performance (effectiveness). The purpose of the paper is to present a digital transformation and to point out the possible ways of its implementation. This is a strategic approach to the transformation of the business doctrine and to the consequent renewal of operations. In the conclusion, we try to assess the readiness and willingness of the existing Slovenian companies for digital transformation.

Keywords: digitalization, businesses, business processes.

1 UVOD

Tudi v Sloveniji je treba izvesti temeljit premik in razmislek o potrebi po novi poslovni doktrini, ki zajema spremembo in preureditev tradicionalnega (funkcijskega) modela organiziranosti, poslovnih procesov, odnosov in načina poslovanja, ki so prevladovali v zadnjih dvajsetih letih. Nova poslovna doktrina zahteva od podjetja prilagoditev in sinhronizacijo strateške vizije in praktičnega uresničevanja z možnostmi, ki jih pri tem ponuja sodobna informacijska tehnologija. V naslednjih letih bodo torej lahko poslovno uspešna le podjetja, ki bodo primerno nadgradila znanje in motiviranost svojih zaposlenih, preuredila poslovne procese ter njihovo organiziranost in ustrezno posodobila informacijsko infrastrukturo.

Izhodišča slovenskega gospodarstva v digitalizacijo v zadnjih nekaj desetletjih so bila nedvomno specifična, pogojena s slovensko osamosvojitvijo in posledično izgubo tradicionalnega, zaščenega trga. Kar naenkrat slovensko gospodarstvo ni bilo več »prvo na vasi«, za ta trg pomembne blagovne znamke niso bile svetovno prepoznavne. Država na strateško pomembnih in infrastrukturnih področjih pod pritiskom nebrzdane privatizacije in denacionalizacije, prvega vala tajkunizacije ter tujih lobistov ni imela izdelane lastne, novim izzivom ustrezne tranzicijske strategije. Nekatera velika in pomembna slovenska podjetja so iz objektivnih razlogov izgubila dotodanje ključne naročnike (npr. TAM in druga vojaška industrija), druga so se s privatizacijo razdrobila

(npr. Iskra, Slovenijales), tretja so izgubila trg zaradi lastnih strateških napak (npr. Ljubljanska banka). Če strnemo ključne specifičnosti slovenskega gospodarstva ob prehodu v digitalizacijo, lahko ugotovimo:

- Slovensko gospodarstvo je bilo na svoji poti iz industrijske v informacijsko družbo obremenjeno z izgubo tradicionalnega trga in vztrajanjem podjetij na ustaljenih poslovnih modelih.
- Slovenska podjetja so bila v preteklosti tradicionalno »obsedena« s potrebo po formaliziranju in dokazovanju kakovosti izdelkov in storitev (npr. certifikat kakovosti ISO) ter poslovne odličnosti.
- Projekti uvedbe celovitih programskih rešitev ERP so bili praviloma neuspešni. Uspešni so bili le v tistih podjetjih, ki so se zavedala možnosti in priložnosti, pa tudi tveganj morebitne neuspešne tranzicije poslovnega modela in so bila sposobna predhodno prenoviti svoje poslovne procese ter ozavestiti zaposlene o nujnosti sprememb.
- Slovenske politične strukture niso imele odgovora na zablode neoliberalne ideologije oz. doktrino o vseмогоčnosti trga in posledični nujni privatizaciji.

Namen prispevka je predstaviti digitalno preobrazbo (zakaj je potrebna in kaj predstavlja) in nakazati možne poti njene uveljavitve (kako); digitalizacijo poslovanja prikazati kot strateški pristop k preobrazbi poslovne doktrine in k posledični prenovi poslovanja. V zaključku skušamo oceniti pripravljenost obstoječih slovenskih podjetij na digitalno preobrazbo.

1 ZAKAJ POTREBUJEMO PRENOVO (PREOBRAZBO) POSLOVANJA

Ena temeljnih in skupnih značilnosti poslovnih modelov podjetij pretekle industrijske družbe izhaja iz strategije po celovitem obvladovanju lastnih poslovnih procesov oz. menedžmentu oskrbne in vrednostne verige. V nadaljevanju podjetja zaradi racionalizacije in specializacije prepuščajo posamezne dele oskrbne verige svojim dobaviteljem (proizvajalcem surovin, polizdelkov) in strankam (veleprodaja, maloprodaja). Z osredotočanjem na ključne sposobnosti in masovno industrijsko proizvodnjo postajajo podjetja vse učinkovitejša in konkurenčnejša. Temu primerne so bile tudi organizacijske strukture podjetij, ki so bile izrazito funkcijsko zasnovane, s številnimi ravnmi odločanja in z velikim številom menedžerjev,

zadolženih za optimalno uporabo razpoložljivih proizvodnih virov.

V tradicionalnem poslovanju so bile spremembe manjše in predvidljive, obvladljive so bile z manj intenzivnim, vendar nenehnim izboljševanjem (kakovosti) poslovanja. Pri sodobnem poslovanju pa se pojavlja potreba po procesni usmerjenosti, občasni koreniti, morda tudi celoviti spremembi poslovnega modela in stalni prenovi poslovnih procesov. Prednost procesne usmerjenosti in posledične organiziranosti je usmerjenost organizacije k učinkovitosti izvajanja poslovnih procesov in uspešnosti poslovanja. Poslovanje je popolnoma usmerjeno k stranki. Poleg tega je takšna organiziranost prilagojena hitrim odzivom na spremembe oziroma dogajanja na trgu. Prednost procesne organiziranosti v resnici zaživi le ob ustreznem načrtovanju in obvladovanju poslovnih procesov in ob kakovostni informacijski podpori tem procesom.

Procesna organiziranost v nasprotju s klasično, funkcijsko organiziranostjo v celoti prenaša nadzor in odgovornost za uspešnost poslovanja na vodstvo oz. lastnika (temeljnega) poslovnega procesa (programa, produkta, storitve). V procesni organiziranosti obstoječe funkcijske celote oziroma poslovne funkcije (nabava, finance) skrbijo le za izvajanje globalne politike in načrta organizacije, izvršno pa te funkcije skrbijo izključno za izvajanje nalog na področju zagotavljanja vseh virov, potrebnih za nemoteno izvajanje poslovnih procesov znotraj posameznih ključnih poslovnih procesov. Bistvena prednost procesne organiziranosti se kaže tudi v zmanjševanju števila »vmesnih« vodij (oddelkov), v večini primerov pa tudi števila ravnih vodenja med izvajalci in krovnim vodstvom organizacije. S sploščenjem organiziranosti se dosežejo ob nižjih stroških ter višji kakovosti menedžmenta boljša odzivnost, prilagodljivost in uspešnost poslovanja organizacije.

Prehod v procesno usmerjenost in organiziranost poslovanja je za vsako podjetje nujen, vendar boleč in težak. Veliko podjetij ne dokonča projektov celotne reorganizacije. Po nekaterih ocenah v svetu popolnoma uspe le med 15 in 25 odstotki takšnih projektov (Kovačič, 2016). Podobno je tudi pri nas, še posebno pa skrbi dejstvo, da se večina slovenskih podjetij ne zaveda nujnosti takšnega prehoda. Procesno pojmovanje poslovanja pomeni v zadnjih letih pomemben in velik organizacijski izziv, vendar večina slovenskih podjetij (po naših ocenah 80 odstotkov) še vedno tišči glavo v pesek. Organizirana ostajajo

tradicionalno oziroma funkcijsko, čeprav se številna med njimi rada hvalijo z različnimi certifikati kakovosti (npr. ISO) in poslovne odličnosti.

Če strnemo, so ključne globalne spremembe, ki jih mora upoštevati digitalna preobrazba poslovanja:

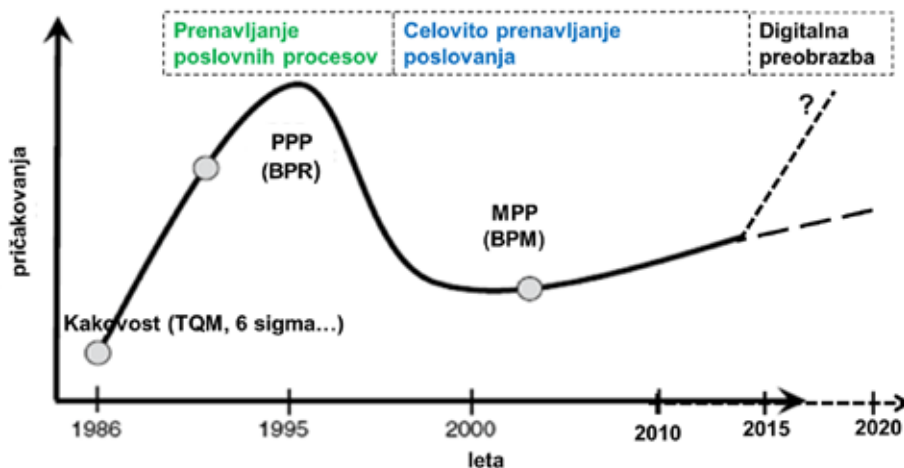
- tradicionalno »pravilo«, da »velike ribe jedo manjše«, je zamenjala ugotovitev, da »hitre ribe žrejo počasne«;
- v novih okoliščinah torej ni dovolj biti velik, treba je biti hiter (inovativen, agilen, prilagodljiv), treba je sproti prenavljati poslovanje, zato potrebujemo drugačen poslovni model;
- vse pomembnejša postajata pripravljenost in sposobnost hitrega in ustreznega prilagajanja spremembam.

Oguljena fraza »spremembe so stalnica« je postala realnost poslovanja podjetij. Strategija podjetij in temu ustrezna prenova poslovnega modela ter usmeritve in kompetence vseh ključnih dejavnikov prenove (kadrov, procesov in informacijske tehnologije) morajo biti usmerjeni proaktivno – v predvidevanje in vnaprejšnjo pripravljenost na spremembe. Spremembe morajo biti za podjetje priložnost in ne zgolj grožnja. Seveda ne zadostuje, da zgolj odpravimo strah pred spremembami, pripravljenosti na spremembe se moramo lotiti celovito. Kaj to pomeni in kako priti do ustrezne prenove poslovanja, pa v nadaljevanju.

3 KAJ OBRAVNAVA CELOVITA DIGITALNA PREOBRAZBA POSLOVANJA IN KAJ OVIRA NJENO UVELJAVITEV

Digitalna preobrazba pomeni strateški pristop k prilagoditvi poslovne doktrine novim možnostim in priložnostim, ki jih zlasti na področju poslovne agilnosti v povezavi s potrebami vseh poslovnih deležnikov ob uporabi sodobnih možnosti digitalizacije ponuja sodobna informacijska tehnologija, pa tudi pristop do tveganj poslovnega okolja ter ustrezne prenove poslovanja podjetja. Preobrazba je lahko poslovno uspešna le, če podjetje skladno s spremenjeno strategijo primerno nadgradi znanje, motiviranost in inovativnost svojih zaposlenih, preuredi poslovne procese ter njihovo organiziranost in skladno s sodobnimi usmeritvami posodobi in uporabi informacijsko tehnologijo.

Razvijanje in spreminjanje oziroma prilagajanje poslovne strategije je trajna in najpomembnejša naloga vodstva podjetja. Poslovna strategija opredeljuje delovanje podjetja v poslovnem okolju in vpliva na njegovo konkurenčnost. Spremembe poslovne strategije se uresničujejo in kažejo v spremembah poslovnega modela in poslovnih procesov podjetja. V preteklosti so se neprestano pojavljali novi uspešnejši poslovni modeli in zamirali tisti, ki so bili neuspešni. Priložnost in močno zahtevo po spreminjanju poslovnih modelov je v zadnjem obdobju povzročil nagel razvoj informacijske in telekomunikacijske tehnologije. Temu primerno so se pojavljale tudi pobude za korenitejše in celovitejše strateške pristope k prenovi poslovanja.



Slika 1: Cikel pričakovanj na področju prenove poslovanja

Slika 1 prikazuje cikel pričakovanj, ki ga je sprožilo »nezadovoljstvo« z zgolj metodami izboljševanja kakovosti, kot sta celovito obvladovanje kakovosti (angl. Total Quality Management – TQM) in 6 sigma (angl. Six Sigma). Kulminiral je s pretiranimi pričakovanji od korenitega prenavljanja poslovnih procesov – PPP (angl. Business Process Reengineering, BPR) – ter na podlagi novih spoznanj izzvenel v celovito prenavljanje poslovanja. Slednje je, po mnogih težavah in neizpoljenih pričakovanjih, v zadnjem desetletju dozorelo pod pojmom menedžment prenovne poslovanja – MPP (angl. Business Process Management). Uspešnost MPP se kaže v dobrih praksah podjetij, ki so uspešno izvedla projekte celovite prenovne poslovanja. Digitalna preobrazba, ki se je v zadnjem desetletju pojavila najprej kot zveneča beseda, nekaterim pomeni zgolj širši pogled na možnosti in priložnosti prenavljanja, ki ga omogoča pospešena digitalizacija poslovanja, drugim pa potrebo po zagonu novega cikla pričakovanj na tem področju.

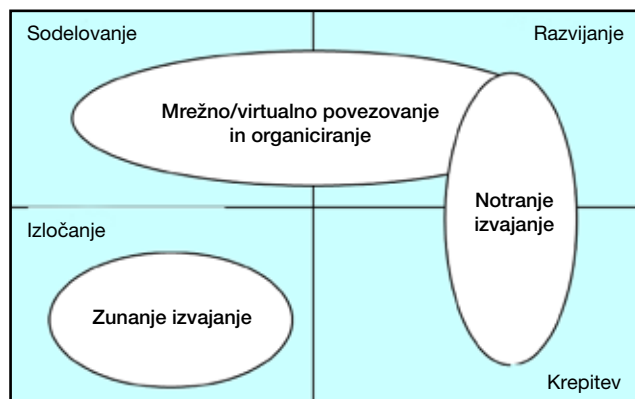
Ali se bo v naslednjih letih digitalna preobrazba pojavila v obliki novega cikla pričakovanj? Morda je nova, zveneča beseda poslovno, medijsko marketinško, morda tudi politično preveč vabljiva, da bi se kar tako »umirila«. Promotorji digitalne preobrazbe se z ugotovitvijo, da ta pomeni zgolj in predvsem zrelostno obliko in stanje obstoječega cikla pričakovanj na področju prenovne poslovanja, verjetno ne bodo strinjali.

Zmagovalna strategija podjetja je v zgodnji industrijski dobi temeljila na rasti in ekonomiji obsega na eni strani ter celovitem obvladovanju njegovih poslovnih in logističnih procesov od surovine do končnega proizvoda na drugi. Za večino podjetij je klasično strateško srednjeročno in dolgoročno načr-

tovanje preteklost; tudi strateške usmeritve, ki jim zagotavljajo obstoj in rast, so se korenito spremenile. Podjetja morajo svojo poslovno strategijo zaradi vzrokov, navedenih v predhodnem razdelku, korenito spremeniti in jo prilagajati tako v fazi načrtovanja kot v fazi izvajanja. Slika 2 prikazuje ključne strateške usmeritve (notranje izvajanje, zunanje izvajanje in povezovanje), ki jih mora podjetje upoštevati in razvijati v informacijski dobi hitrih in nepredvidljivih sprememb, ter njihovo medsebojno odvisnost.

Novo strateške usmeritve, ki jih mora podjetje izhodiščno upoštevati pri digitalni preobrazbi in razvijati pri njeni uveljavitvi, so:

1. Krepitev notranjega izvajanja oziroma krepitev in razvijanje ključnih procesov, pri katerih lahko podjetje na podlagi svojih kompetenc pričakuje dolgoročno konkurenčno prednost. Značilno je, da podjetje pri tem krči nabor svojih proizvodov, saj opušta predvsem neperspektivne izdelke in/ali storitve. Slovenska podjetja se strateško usmerjajo zlasti v nišne proizvode in proizvode »za prvo vgradnjo«, s katerimi skušajo postati strateški dobavitelji velikih kupcev.
2. Pospešeno zunanje izvajanje oz. izločanje vseh procesov ali proizvodov, pri katerih zaradi različnih vzrokov (nekonkurenčna zakonodaja, poslovno okolje, okoljevarstvo, stroški delovne sile) podjetje ne more biti dolgoročno konkurenčno.
3. Povezovanje s komplementarnimi podjetji v verige ali omrežja, v virtualne organizacije, kar izhaja iz dejstva, da to v »globalnem digitalnem svetu« omogoča konkurenčnost in bi bilo vztrajanje na obstoječih strateških usmeritvah za večino podjetij pogubno. V Sloveniji zaradi pomanjkanja velikih podjetij in nosilcev blagovnih znamk prevladuje zlasti strategija vključevanja »strateških« dobaviteljev, na primer v avtomobilski industriji.



Slika 2: Strategija podjetja v informacijski dobi

Uspešna podjetja sproti prilagajajo svojo poslovno strategijo v smeri sodobnih, informacijski dobi primernih strategij. Uresničujejo jo z ustreznim načrtovanjem in spremembami poslovnega modela, ki sledi izbrani strategiji in se sproti prilagaja nastajajočim poslovnim priložnostim in grožnjam. Načrtovanje in spreminjanje poslovnega modela pomeni za podjetje strateško orožje tržnega razlikovanja.

Z uvajanjem inovativnih poslovnih modelov lahko tudi manjša podjetja brez velikega kapitala uspešno konkurirajo velikim poslovnim sistemom. Zlasti

v primerih, ko konkurenčne prednosti ne omogoča zgolj ekonomija obsega, temveč je potrebna agilnost oz. hitro, sprotno in ustrezno poslovno ukrepanje. Primerjalna prednost poslovnih modelov je seveda odvisna tudi od možnosti posnemanja tekmecev. Zapletene poslovne modele, ki se odlikujejo po močni integraciji poslovnih procesov, tesnem poslovnem sodelovanju med člani vrednostne verige in intenzivnosti medsebojne izmenjave informacij, je zelo težko posnemati. Dinamično združevanje pristojnosti različnih partnerjev v vrednostni verigi ali omrežju omogoča izjemne sinergijske učinke in ustvarja primerjalne prednosti, ki jih je težko izničiti.

O potrebi po koreniti in celoviti prenovi poslovanja v informacijski dobi govorimo že več kot dve desetletji. Prenova poslovanja je ključna strateška usmeritev upravljanja sprememb, ki jih običajno nismo sposobni izvesti z metodami stalnega izboljševanja kakovosti (TQM, Six Sigma ipd.), s prenovo oziroma reinženiringom procesov (BPR) ali s prestrukturiranjem organizacije. Je strategija prenavljanja, ki kritično razišče obstoječe poslovne cilje in poslovno politiko, poslovna pravila, prakso in postopke ter ob ponovnem razmisleku zasnuje nove, ključne izdelke, procese in storitve. Prenova poslovanja stavi na uravnotežen pristop, s katerim se namesto zgolj radikalnih loteva realnih, koristnih in izvedljivih sprememb. Jakobson že leta 1995 vidi zametke celovite preнове poslovanja kot koncept dežnika, pod katerim se nahajajo strateško načrtovanje informatike, BPR in metode stalnega izboljševanja poslovanja (Jacobson, 1995). Poudarja vidik in vprašanja uspešnosti na strateški ravni in ne zgolj učinkovitosti procesov. Prav to, ki naj bi bolj ali manj temeljilo na medseboj-

ni vplivnosti BPR in strategije informatizacije, so že pred njim, seveda z omejeno vplivnostjo na poslovno uspešnost, obravnavali »klasični« avtorji reinženiringa Davenport, Hammer in Champy.

Po desetletjih vse bolj ugotavljamo potrebo po celoviti prenovi poslovanja podjetij. Ugotavljamo, da se z načrtovanjem in spremembami svojih poslovnih modelov uspešna podjetja sproti prilagajajo nastajajočim trendom in potrebam po spremembah ter jih izkoriščajo v svoj prid. Namesto zgolj postopnega izboljševanja kakovosti poslovnih procesov je nujno, da so podjetja sposobna spreminjati stare miselne vzorce in oblikovati popolnoma nove, učinkovite in inovativne poslovne modele. Ali so vse to izhodišča digitalne preobrazbe?

Ključni dejavniki digitalne preobrazbe ostajajo enaki, kot jih poznamo pri prenovi poslovanja. Dejavniki, s katerimi podjetje načrtuje, uveljavlja in meri uspešnost preнове glede na svojo strategijo, so poslovni procesi, tehnologija (zlasti informacijska) in ljudje (zlasti kadri). Pri kadrih velja v procesu prenavljanja upoštevati in razvijati raven poslovne kulture in organiziranosti, procesno organizacijsko strukturo, skladno z ugotovitvami sociotehničnih pristopov, ki jih predstavlja razširjeni Leavittov diamant (več o tem v: Kovačič, Bosilj-Vukšić, 2005). Slika 2 prikazuje odnos ključnih dejavnikov in nekatere cilje pri projekti preнове poslovanja (Kovačič in Bosilj-Vukšić, 2005). Pri tem je treba posebej izpostaviti, da so bili pri nas v preteklosti uspešni zgolj projekti, pri katerih je bila obravnava posameznih dejavnikov uravnotežena in skladna in je bilo upoštevano ustrezno sosledje obravnave. S stališča preнове poslovanja so bili neuspešni zlasti projekti, ki so preveč »stavili« na



Slika 3: Ključni dejavniki digitalne preobrazbe preнове poslovanja in njihovi cilji

informacijsko tehnologijo oziroma najboljšo prakso celovitih programskih rešitev (ERP).

Različni avtorji člankov s področja digitalne preobrazbe te dejavnike dopolnjujejo zgolj z rahlo spremenjenimi in nekaterimi dodatnimi, za njihov namen specifičnimi cilji. Velja, da je preobrazbena sprememba podjetja več kot le natančnejše uravnavanje sedanjega stanja s prenovo sistemov in procesov. Pomeni ustvarjanje popolnoma nove prihodnosti brez omejitev iz preteklosti. Zahteva ponovni razmislek o namenu in oblikovanju nove vizije, kar je posebej težko, a pomembno. Ključno pri tem je, da skupni cilj preobrazbe ni le izvesti določeno spremembo, ampak na novo odkriti organizacijo in nov ali prenovljen poslovni model, ki temelji na viziji za prihodnost (Ashkenas, 2015).

Tako kot drugi načini prenove se preobrazba začne s temeljitim vpogledom v trenutno stanje »kot je«, ne za to, da bi se obremenjevali s preteklostjo, ampak da bi razumeli, kaj vse se je spremenilo. Preobrazba je v svojem bistvu nepredvidljiva, iterativna in eksperimentalna in pomeni poslovno tveganje. Čeprav je menedžment sprememb uspešen pri izvedbi posameznih pobud znotraj portfelja, je lahko celovita preobrazba še vedno neuspešna (Ashkenas, 2015).

Lahko sklenemo, da potrebujemo celovit pristop k menedžmentu digitalne preobrazbe, ki obravnava in izvaja:

- sprotno prilagajanje ali spreminjanje poslovnega modela, ki se osredotoča na uspešnost oziroma uporabo digitalne tehnologije pri izboljševanju značilnosti, ki vplivajo na poslovanje organizacije: na potrebe trgov, prodajne pogoje, blagovne znamke in potrebe strank (ali delamo prave stvari?);
- prenavljanje in informatizacijo poslovanja oziroma prilagajanje procesnega modela, ki se osredotoča na učinkovitost izvajanja poslovnih procesov, ki naj potekajo hitreje, z nižjimi stroški in kakovostnejše od konkurence (ali delamo stvari na pravi način?).

4 KAKO NAČRTOVATI IN IZVAJATI PROJEKTE CELOVITE DIGITALNE PREOBRAZBE POSLOVANJA

Podjetja lahko novo poslovno doktrino oziroma poslovno usmeritev, ki je polna sprememb, uresničujejo tako, da:

- na novo opredelijo celoviti poslovni model in modele procesov, ki pokrivajo vsa poslovna področja,

in pri tem ohranjajo poslovanje, ki bo prilagodljivo novim izzivom in inovacijam;

- vzpostavijo primerne in učinkovite strategije in mehanizme menedžmenta sprememb;
- sproti rešujejo probleme, vezane na prilagajanje tehnoloških standardov in izvajanje delovnih procesov (postopkov);
- razvijajo pregledno in razumljivo spremljanje poslovnih učinkov;
- opredelijo omejitve in področja razvoja poslovnega omrežja, mreženja na notranji, zunanji in globalni ravni izvajanja poslovnih procesov;
- zgradijo ustrezen sistem menedžmenta znanja in mehanizme za stalno izboljševanje skupnega poslovnega znanja podjetja;
- opredelijo strategijo in metode analiziranja, merjenja in menedžmenta tveganja.

Spremembe so ključne in so postale stalnica. Treba jih je upravljati vse od njihovega načrtovanja na strateški ravni (naročnik ve, zakaj kaj potrebuje) in izvedbeni ravni (izvajalec ve, kaj in kako narediti) prek ustvarjanja pripravljenosti za spremembe do uresničevanja sprememb. Vse faze so ključne in pomembne, najlaže jih lahko uresničimo na področju tehnologije, malo težje na procesih, najtežje pa pri kadrih, deležnikih projekta.

Podjetja se neprestano srečujejo z odporom do sprememb, ne samo pri zaposlenih, ampak tudi pri dobaviteljih, delničarjih, kupcih. Podjetje lahko zmanjša pogostost in moč odpora, nikoli pa ne more izničiti strahu pred neznanim. Po ugotovitvah analitikov se kar dve tretjini poskusov projektov prenov poslovanja organizacij (75 % projektov in 90 % poslovnih strategij) ne uresniči tako, kot so bili zastavljeni. Zakaj? Čeprav je del razlogov za takšne rezultate gotovo skrit v izjemni turbulenci in nepredvidljivosti okolja, se pomemben delež tovrstnih neuspehov skriva v nesposobnosti organizacij za hitro spreminjanje in učenje. Posebno zapostavljene so t. i. mehke razsežnosti sprememb, ki se nanašajo na vodenje, ravnanje z ljudmi, komuniciranje, spremembe vedenja in vrednot ter upravljanja organizacijske kulture. Prav ti povzročajo, da procesi spreminjanja organizacij še zdaleč niso načrtni, linearni in strukturirani, ampak prej nasprotno: pogosto zelo nelinearni, kaotični, zmedeni.

Pri neuspešnih projektih, zlasti v fazi njihovega izvajanja (prehoda »v živo«, kadrovskih in organizacijskih sprememb), lahko zaznamo dva najpogostejša

vzroka težav: 1) odsotnost ocene o pripravljenosti na spremembe in 2) zanemarjeni vidik dviga poslovne kulture, ki bi se morala v organizaciji izboljševati tudi po končanem projektu.

Glavna problema pri menedžmentu sprememb sta največkrat odsotnost aktivne pomoči nadrejenih v organizaciji ter odsotnost močnega vodstva. V organizaciji obstajajo različne skupine, ki različno gledajo na spremembe. Pobudniki sprememb največkrat dosežejo začetno podporo le ožje skupine. Od tega, kako predstavijo pomen sprememb za organizacijo večini, je odvisna mobilizacija teh ljudi. Najtrši nasprotniki se največkrat sploh ne pustijo prepričati, zato je toliko bolj pomembna podpora kritične mase zaposlenih.

V izhodišču projekta torej najprej ocenimo pripravljenost vseh deležnikov na spremembe. Ta je izrazitejša v primeru nezadovoljstva z razmerami (vemo, zakaj), jasne vizije prihodnosti (vemo, kam) ter zaupanja v pot do sprememb (vemo, kako oziroma na kakšen način). Spremembe so stalnica, brez spreminjanja oz. prilagajanja spremembam okolja ali vplivanja na okolje poslovanje organizacije peša in na koncu ugasne, njihova pogostnost je odvisna od področja sprememb. Uspešen menedžment sprememb vedno sloni na naslednjih zlatih pravilih:

- doseganje soglasja o potrebi po spremembah,
- zaupanje, odkritost in dvosmerna komunikacija,
- izobraževanje in usposabljanje za potrebne kompetence,
- potrpežljivost – spremembe »mehkih« kategorij za razliko od strategije terjajo svoj čas,
- prilagodljivost – pretirano »upravljanje« kulturnih sprememb pelje v težave.

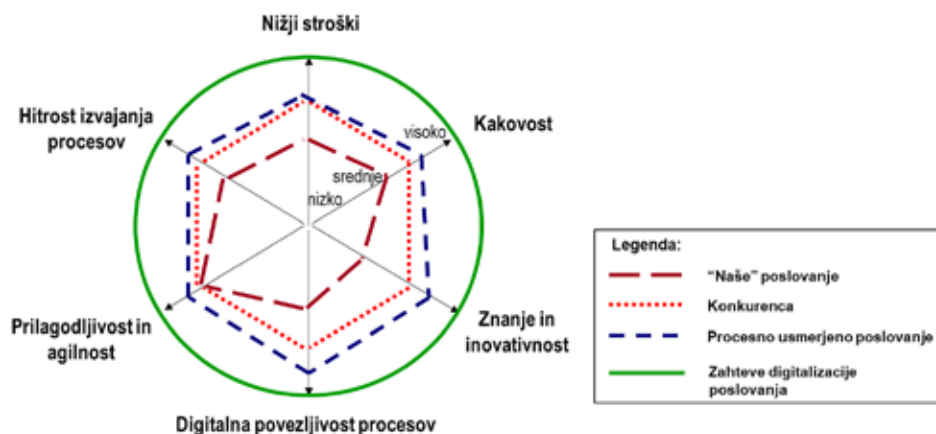
Menedžment sprememb ima svoj začetek v problemu, ki ga podjetje zazna in identificira. Ta problem se pojavi, kadarkoli je podjetje soočeno s spremembami v okolju ali znotraj njega samega. Ker pa se družbene in ekonomske spremembe neprestano dogajajo, se podjetja morajo zavedati vseh problemov, ki jih bodo morala rešiti.

Organizacije pri uvajanju sprememb pri digitalni preobrazbi poslovanja zasledujejo niz ciljev, ki so v svoji naravi pogosto nasprotujoči, vendar jih morajo usklajeno in v sozvočju realizirati že z vidika njihove konkurenčnosti (slika 4).

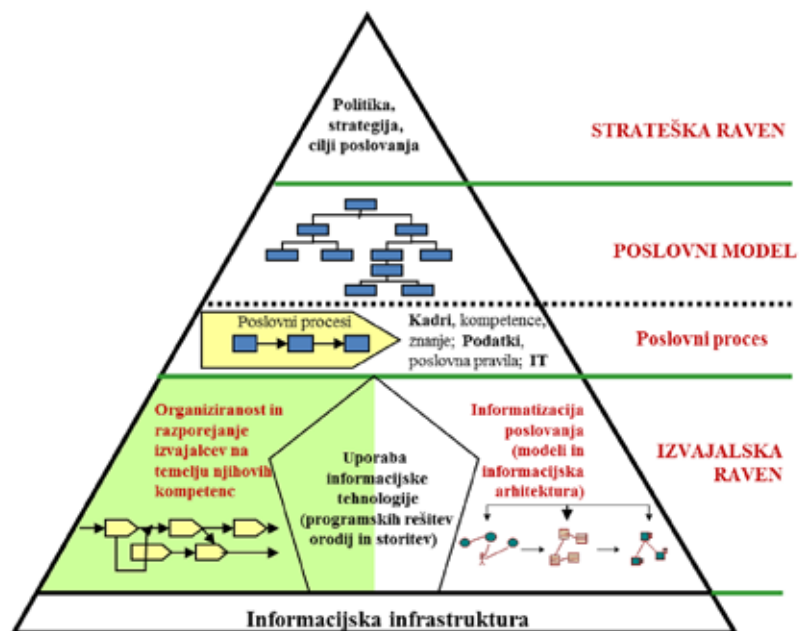
Cilji, kot so hitreje, ceneje in bolje, so stalnica vsake prenove poslovanja. Digitalna povezljivost procesov je potreben, vse bolj pa ključen pogoj za neposredno in digitalizirano povezovanje procesov znotraj podjetja in s poslovnim okoljem. Omogoča vzpostavitev digitalizacije strateških konceptov celovitega obvladovanja proizvodnje (Product Lifecycle Management – PLM) ter menedžmenta oskrbnih verig (Supply Chain Management – SCM) in upravljanja odnosov s strankami (Customer Relationship Management – CRM).

Zadnje raziskave kažejo, da sta na področju digitalne preobrazbe ključni inovativnost in agilnost organizacij. S stališča zagotavljanja trajnostne konkurenčne prednosti sta torej posebno pomembna dva cilja: prilagodljivost in agilnost ter znanje in inovativnost zaposlenih.

Težave in ključni vzroki za relativno neuspešnost doseganja ključnih ciljev, ki jih zastavljamo s projektom digitalizacije oziroma prenove in informatizacije poslovanja, zlasti kompleksnih ciljev ter tistih na področju javne uprave, izhajajo iz neuravnoteženosti



Slika 4: Ciljne kategorije zagotavljanja digitalne preobrazbe poslovanja



Slika 5: Ravni obravnave digitalne preobrazbe poslovanja

obravnave ali celo odsotnosti obravnave posameznih ravni, ki jih moramo opredeliti in obdelati z vidika ključnih dejavnikov prenove poslovanja, prikazanih na sliki 3. Slika 5 prikazuje pristop in ravni obravnave, ki vključujejo vse dejavnike celovite digitalne preobrazbe poslovanja.

Podrobnejša predstavitev metod in tehnik načrtovanja in izvajanja projektov digitalne preobrazbe poslovanja močno presega obseg tega članka. Podrobno je predstavljena v tretjem poglavju knjige Slovenija na poti digitalne preobrazbe (Bavec, Kovačič, Krišper, Rajkovič in Vintar, 2018).

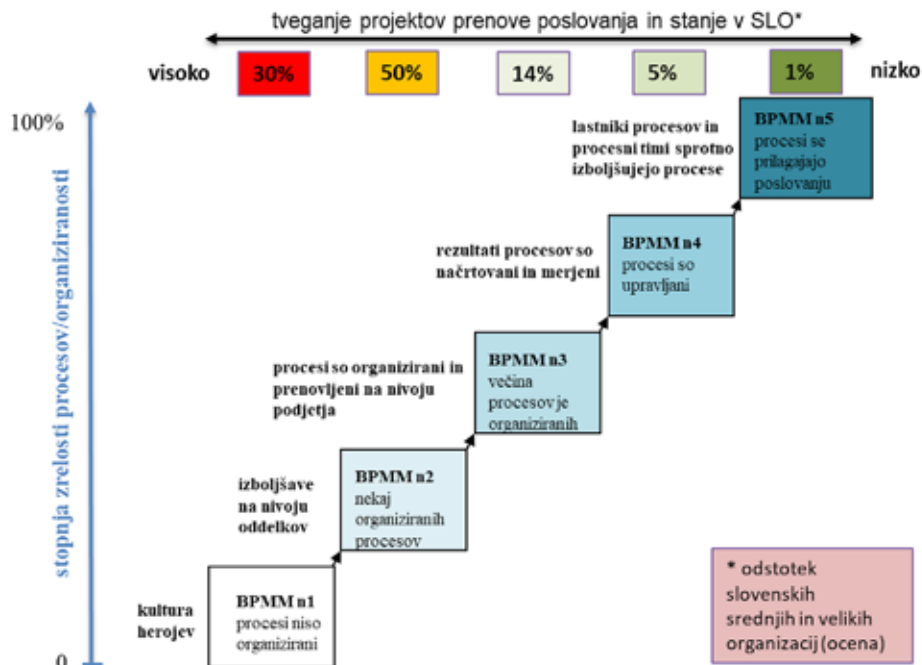
5 UGOTOVITVE O PRIPRALJENOSTI SLOVENSKEH ORGANIZACIJ NA DIGITALNO PREOBRAZBO

Naše izkušnje na področju prenove (digitalizacije) poslovanja v slovenskih srednjih in velikih organizacijah javnega in zasebnega sektorja, izhajajo z različnih vidikov obravnave stanja, ki ga lahko strnemo v naslednjih alinejah:

- v 80 odstotkih organizacij še vedno prevladujeta funkcijska organiziranost in miselnost (»kultura stroškov«),
- ustreznost ali kvalificiranost naročnika projekta,
- opredeljenost poslovne strategije in procesna naravnost poslovnega modela,
- višji menedžment prevzema vodenje projekta in tveganj,

- razvitost procesne usmerjenosti in menedžmenta poslovnih procesov (MPP) ter dejanska vloga (opolnomočenje) lastnikov (direktorjev) procesov,
- procesni nadzor ter sprotno spremljanje učinkovitosti in uspešnosti poslovanja,
- položaj in vloga službe za informatiko oz. informatizacijo procesov,
- uporabljeni metodološki pristopi k MPP (prevladuje zanašanje na »najboljšo« prakso ponudnikov informacijskih rešitev, npr. uvajanje rešitev ERP, projekt e-zdravje),
- ustreznost sistema javnega naročanja v javnem sektorju (uveljavitev evropske direktive o predkomercialnem naročanju).

Podrobnejša analiza navedenih vidikov stanja kaže na vseh alinejah naš zaostanek za razvitim svetom. Morda ga lahko opravičujemo s strukturno neprimerljivostjo oziroma manjšim številom velikih organizacij, zlasti multinacionalk, ki so bile najprej prisiljene v prehod iz funkcijskega v procesno razmišljanje in organiziranje, ker drugače ne bi preživele. Odstotka zrelosti in število uspešnih projektov se bistveno ne razlikujeta. Zato se postavlja vprašanje, ali morda nova paradigma, imenovana digitalna preobrazba, prinaša kaj novega, ključnega, česar do sedaj nismo poznali in kar bi lahko odločilno vplivalo na zrelost oziroma pripravljenost organizacij ter posledice.



Slika 6: Zrelostni model pripravljenosti na prenovo (digitalizacijo) večjih in srednjih podjetij v Sloveniji

dično uspešnost projektov prenove poslovanja. Ali pomeni nov cikel pričakovanj na tem področju?

Projekti prenove poslovanja se soočajo z visoko stopnjo tveganja, kar je pogojeno z zrelostjo procesne usmerjenosti podjetja in stopnjo izvedljivosti zastavljenih ciljev prenove. Zato moramo te pred odločitvijo o prenovi poslovanja realno oceniti. Stopnjo tveganja projekta lahko izvedemo na podlagi samooценe zrelosti oziroma na podlagi zrelostnega modela prenove procesov (angl. BPMM – Business Process Maturity Model). Slika 6 prikazuje tak model in stopnjo tveganja prenove slovenskih srednjih in velikih organizacij.

Stanje zrelosti za prenovo oziroma procesne usmerjenosti v Sloveniji je ocenjeno in predstavlja realno stanje v slovenskih srednjih in velikih organizacijah. Nekoliko zaostajamo za razvitim svetom; v zrelostnih stopnjah n1 in n2 (na sliki 6), v katerih se nahaja večina srednjih in velikih slovenskih organizacij (80 %), prevladujejo iniciative, usmerjene v ISO-certificiranje, poslovno odličnost in »mehanično« modeliranje poslovnih procesov, brez za prenovo potrebne semantike. Nekatere med njimi imajo ob tradicionalni funkcijski organizaciji celo zametke procesne organiziranosti (največkrat zgolj formalno lastništvo in skrbništvo procesov). Prehod na procesno usmeritev, ustrezno razmišljanje in organiziranje

je zahteven in ga je v praksi težko udejanjiti. Običajno pri tovrstnih projektih ob strateških vprašanih zamenjamo ali premalo upoštevamo vlogo kadrov, znanja in poslovne kulture kot ključnih dejavnikov prenove poslovanja. Te ugotovitve bi morale pogojevati in osredotočati naše razvojnoraziskovalne usmeritve v prihodnosti, na kar ne nazadnje kažejo praktične izkušnje in težave tovrstnih projektov. Kljub »relativni zrelosti« projektov prenove poslovanja, pa tudi znanj in izkušenj na tem področju, ostajajo v svetu in pri nas težave oziroma ovire uveljavljanja digitalizacije poslovanja.

Slovenske politične strukture in gospodarske elite, vključno z Gospodarsko zbornico, trenutno nimajo odgovora na zablode neoliberalne ideologije. Doktrina o vsemogočnosti trga in posledični nujni privatizaciji bo ob katastrofalnih posledicah slednje (Fraport, Helios, NKBM, NLB idr.) počasi izžvenela. V zadnjem času delne streznitve se ljudje oprijemajo različnih, tudi drugačnih razmislekov – država ni nujno slab gospodar, mednarodni sporazumi, npr. TTIP in Ceta, so lahko škodljivi – in potencialnih priložnosti. Prav te prepoznavajo v digitalni preobrazbi poslovanja, ki je nedvomno obetavna, saj ponuja niz pristopov in možnosti za enakopravno vključevanje Slovenije v svetovne gospodarske tokove. Morda se pri tem ne zavedajo, da je digitalna preobrazba zah-

tevena in kompleksna; pri tem tudi za nas ni bližnjic, temelječih na posnemanju monopolnih poslovnih modelov multinacionalk IBM, Oracle, Google in uvažanju plenilskih poslovnih modelov (Uber, Airbnb ipd.), nad katerimi se navdušujejo neuki politiki v navezi s pametnimi ekonomisti in pokvarjenimi lobisti ter ob podpori zmedenih medijev.

6 SKLEP

Digitalna preobrazba podjetij je »zgodba« o spremembah, o preoblikovanju. Organizacija, ki sprejema izziv digitalizacije, mora najprej odgovoriti na tri vprašanja: zakaj se moramo preoblikovati, kaj moramo preoblikovati in kako naj preoblikujemo. Odgovori na ta vprašanja nikakor niso preprosti. Naš prispevek, katerega razdelki so strukturirani skladno s temi vprašanji, skuša podrobneje osvetliti in skozi dosedanja dobro prakso nakazati možne odgovore in rešitve. Mnogi lastniki in vodstveni delavci sprejemajo nove izzive digitalizacije. Vedo, da morajo ukrepati, vendar jim ni jasno, kje začeti in kaj storiti. Verjamemo, da okviri, ki jih predlagamo v tem prispevku, lahko pomagajo menedžmentu, da se izogne pasti in izrabi priložnosti digitalne preobrazbe poslovanja. Digitalne preobrazbe nikakor ni preprosto doseči; vendar je za številna podjetja to ne

samo konkurenčna, temveč tudi (ali predvsem) eksistenčna potreba.

Projekti celovite prenove poslovanja se pri nas v delu poslovne preobrazbe predvsem usmerjajo v prenavo in informatizacijo poslovnih procesov s stališča možnosti informacijske tehnologije. Osredotočeni so torej na vprašanja in cilje dviga učinkovitosti, zanemarjajo pa, zavestno ali zaradi odsotnosti predhodne obravnave, strateške ravni, vprašanja in cilje, ki so povezani z uspešnostjo poslovanja organizacije. Uspešni smo takrat, ko delamo prave stvari na pravi način. Kot smo ugotovili v prispevku, poslovna uspešnost izhaja iz ustreznosti poslovnega modela, učinkovitost pa z njegovim izvajanjem, s kadri in njihovim znanjem ter poslovnimi procesi in njihovo informatizacijo.

LITERATURA

- [1] Ashkenas, R. (2015). We Still Don't Know the Difference Between Change and Transformation. <https://hbr.org/2015/01/we-still-dont-know-the-difference-between-change-and-transformation>.
- [2] Bavec, C., Kovačič, A., Krisper, M., Rajkovič, V. in Vintar, M. (2018). Slovenija na poti digitalne preobrazbe. Fakulteta za računalništvo in informatiko, Ljubljana.
- [3] Jacobson I. (1995). The Object Advantage. Addison - Wesley, ACM Press Books.
- [4] Kovačič, A. in Bosilj-Vukšič, V. (2005). Management poslovnih procesov, GV Založba, Ljubljana.

Dr. Andrej Kovačič je redni profesor poslovne informatike in dolgoletni predstojnik Inštituta za poslovno informatiko na Ekonomski fakulteti Univerze v Ljubljani. Je avtor mnogih del s področja prenove in informatizacije poslovnih procesov. Kot svetovalec in vodja projektov je sodeloval pri številnih projektih s področja prenove poslovanja v gospodarstvu in javnem sektorju. Je pooblaščen revizor informacijskih sistemov ter svetovalec pri mednarodnih projektih. Pred začetkom pedagoško-raziskovalne kariere je opravljal dela vodje sektorja poslovne informatike in pomočnika generalnega direktorja velikega računalniškega podjetja ter projektanta in direktorja svetovalnega podjetja s področja informatizacije poslovanja. Med letoma 2009 in 2013 je opravljal funkcijo prorektorja Univerze v Ljubljani.

Iz Islovarja

Islovar je spletni terminološki slovar informatike, ki ga objavlja jezikovna sekcija Slovenskega društva INFORMATIKA in ga najdete na naslovu <http://www.islovar.org>. Tokrat objavljamo izbor izrazov, ki so jih v letu 2018 dodali uporabniki Islovarja. Vabimo vas, da tudi vi prispevate svoje pripombe, predloge ali nove izraze.

algorítem soglásja -tma -- m (*angl. consensus algorithm*) algoritem, ki za spremembo določenega podatka zahteva soglasje vseh vozlišč (1)

integrácija prográmske opréme -e -- -- ž (*angl. software integration*) postopek združevanja izbranih komponent programske opreme; sin. sistemska integracija

izsiljeválska prográmska opréma -e -e -e ž (*angl. ransomware*) zlonamerna programska oprema, ki onemogoči uporabo sistema ali storitve in za nadaljnjo uporabo zahteva plačilo; sin. izsiljevalsko programje

lážna identitéta -e -e ž (*angl. sockpuppet, sock puppet*) online identiteta, ustvarjena za zavajanje

metóda déli in vládaj -e -- -- -- ž (*angl. D&C, divide and conquer method*) metoda, ki problem razčleni na preprostejše, rešljive probleme, ter njihove rešitve združi v skupno rešitev; sin. algoritem deli in vladaj

ódranje -a s (*angl. scaffolding*) samodejna izdelava delov programske kode, npr. modelov in pogledov

pospeševálna kártica -e -e ž (*angl. accelerator board, accelerator card*) kartica, ki pohitri delovanje procesorja

pripónsko drevó -ega -esa s (*angl. suffix tree, PAT tree*) iskalno drevo, v katerem so shranjene vse pripone besed v besedilu s podatki o položaju; prim. priponsko polje

pripónsko pólje -ega -a s (*angl. suffix array*) polje s seznamom položajev leksikografsko urejenih pripon besedila; prim. priponsko drevo

razšírítvena kártica -e -e ž (*angl. expansion card, expansion board, adapter card, accessory card*) kartica, ki doda računalniku nove funkcionalnosti ali zmogljivosti; prim. grafična procesna enota, zvočna kartica

veríga blókov -e -- (*angl. blockchain, block chain*) nezaključeni seznam blokov, med seboj trajno povezanih s kriptografskimi tehnikami

veríženje blókov -a -- s (*angl. blockchain, block chain*) tehnologija za elektronsko beleženje transakcij, ki si sledijo in so kriptografsko zaklenjene

zamejítveno iskánje -ega -a s (*angl. lasso search*) iskanje, ki se omeji na delno območje podatkovne baze ali geografskega prostora

zvézna integrácija -e -e ž (*angl. continuous integration*) dnevni prenos nove, dopolnjene izvorne kode v skupni repozitorij za zgodnje ugotavljanje napak; sin. neprekinjena integracija

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)	

Zaposlitev člana oz. člana - pravna oseba

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

Zanimajo me naslednja področja/sekcije*

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

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