

NOVI TRENDI NA PODROČJU SODELOVALNEGA INŽENIRSTVA

NEW TRENDS IN COLLABORATIVE ENGINEERING

dr. Robert Klinc, univ. dipl. inž. grad.
doc. dr. Matevž Dolenc, univ. dipl. inž. grad.
prof. dr. Žiga Turk, univ. dipl. inž. grad.

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo,
Inštitut za konstrukcije, potresno inženirstvo in računalništvo (IKPIR),
Jamova 2, Ljubljana

Znanstveni članek
UDK: 002:659.2:624

Povzetek | Računalniki se v industriji, ki se ukvarja z grajenim okoljem (gradbeništvo), pojavljajo vse od petdesetih let prejšnjega stoletja. Pri tem je informatika v gradbeništvo prešla iz reševanja tehnoloških problemov v delo in sodelovanje z orodji informacijskih in komunikacijskih tehnologij (IKT). V članku predstavljamo razvoj gradbene informatike skozi čas, trende v informacijskih in komunikacijskih tehnologijah, ki vplivajo na gradbeno industrijo, ter ključne raziskovalne in razvojne teme, s katerimi se bo gradbena informatika morala spopasti v naslednjem obdobju.

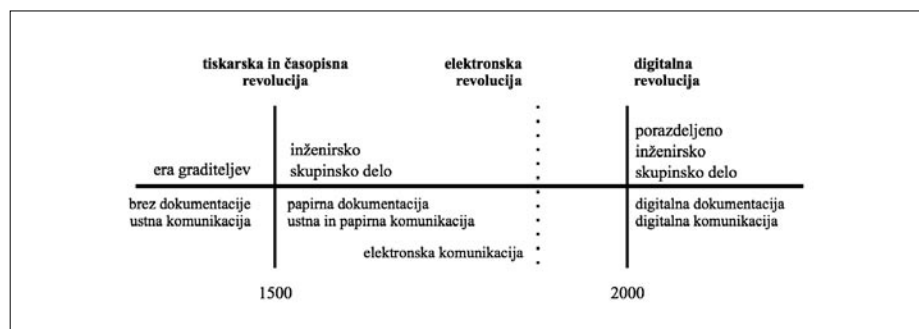
Summary | Computers in architecture, engineering and construction (AEC) industry emerged during the 1950s. From then construction informatics evolved from solving technological problems to the work and collaboration using information and communication technologies (ICT). The paper presents the development of construction informatics over time, ICT trends affecting AEC industry and the key research and development (R&D) issues that construction informatics will have to face in the near future.

1 • UVOD

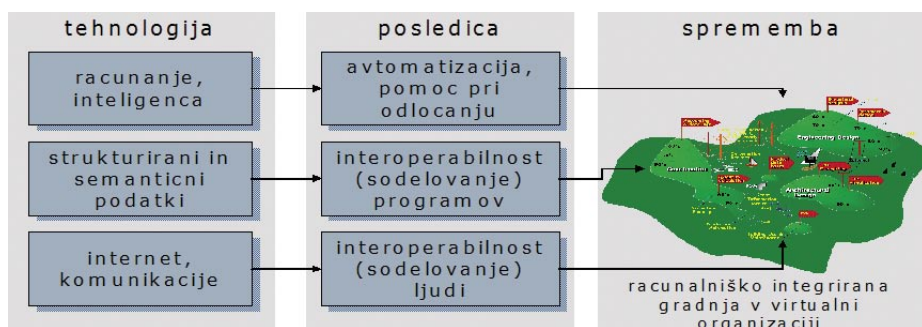
Od prazgodovine naprej je graditev terjala sodelovanje. Pogoj za sodelovanje je komuniciranje med sodelujočimi. Glede na prevladujoč način komuniciranja lahko zgodovino gradbeništva razdelimo v tri obdobja (slika 1) (Turk, 2001). V prvem so komunicirali pretežno ustno. Dokumentacija ni obstajala, zato je morala biti oseba, ki je načrtovala in planirala gradnjo, pretežno fizično prisotna na kraju gradnje. Po iznajdbi poceni papirja konec 15. stoletja se začne sistematično razvijati tehnično dokumentiranje. Gradbeni procesi zelo nazorno razpadejo na informacijske in materialne. V prvih se pripravljajo načrti in plani, v drugih se fizično gradi. Stoletja je bila papirna tehnična dokumentacija

osnovno komunikacijsko orodje med projektanti v birojih in izvajalci na gradbiščih. Od konca osemdesetih se papir umika digital-

nemu komuniciranju, računalniška tehnologija pa se v vlogi orodja (npr. programi za račun konstrukcij), pomočnika (npr. programi, ki generirajo možne florise stavbe) ali medija (programi, ki omogočajo prikaz načrtov in komunikacijo med udeleženci) pojavlja v vseh informacijskih in materialnih podprocesih.



Slika 1 • Komunikacijske revolucije in spremembe vzorcev delovanja v gradbeništvu (Turk, 2001)



Slika 2 • Trendi tehnološkega razvoja, posledica procesov v gradbeništvu in vpliv na računalniško integrirano graditev

Sprva je informacijska tehnologija s tehnično drugačnimi rešitvami obnavljala stare vzorce dela. Pošiljanje telefaksov je npr. zamenjala elektronska pošta. Risanje načrtov, kjer je tehnik vlekel s tušem po papirju, so nadomestili programi, kjer so črte vlekli po računalniku. Računanje konstrukcij peš so nadomestili računalniški programi za analizo konstrukcij. Sodelavci inštituta IKPIR so tudi na tem področju orali ledino od sedemdesetih let dalje.

1.1 Tehnološki pritisk

Razvoj informacijske in komunikacijske tehnologije pa je zelo hiter. Večan je na Moorov zakon, ki vsako leto in pol podvoji hitrost mikroprocesorjev, enako hitro pa naraščajo tudi hitrosti omrežnih povezav in padajo cene pomnilniškega prostora. Nove informacijske tehnologije spreminjajo paradigmo, spreminjajo vzorec dela, kar ima za posledico najprej spremembo navad, nato spremembo organiziranosti in organizacij, nazadnje pa spremembo regulative.

Današnji trenutek zaznamujejo trije veliki trendi na področju gradbene informatike (slika 2):

Prvič, napredek pri razvoju procesne tehnologije in metod za numerično modeliranje omogoča vse hitrejšo in obsežnejšo analizo kot tudi sintezo informacij. Posledica tega trenda je avtomatizacija odločanja, ko gre za analizo rešitev in generiranje alternativnih rešitev, predvsem v arhitekturi in prostorskem planiranju, z uporabo metod umetne inteligence.

Drugič, črta se kot osnovni gradnik risbe in dokumentacije počasi, a nezadržno umika podatkovni strukturi, objektu, ki na bistveno bolj natančen, konsistenten, predvsem pa

na strukturiran način opisuje zamišljeno zgradbo. Množico takih objektov imenujemo informacijski model zgradbe ali virtualna zgradba. Desetletja dolg razvoj konceptualnega modeliranja v gradbeništvu in modeliranja gradbenih produktov je našel komercialno udejanjenje v evoluciji CAD-programov v BIM-programe. Ključni prispevek BIM-programov k celovitosti gradnje je, da omogočajo informacijsko celovitost, torej izmenjavo podatkov med programi na visokem pomenskem nivoju.

Tretjič, računalnik postaja komunikacijsko orodje in platforma za sodelovanje ljudi in podjetij. Ta smer razvoja je še zlasti hitra od pojava spleta 2.0 in razcveta tehnologij, ki povezujejo ljudi. Laikom so poznani kot Facebook, LinkedIn, Google Docs, Skype, funkcionalno podobne rešitve pa obstajajo tudi posebej za inženirje. A vendar so se inženirji sredi prvega desetletja tega stoletja znašli v položaju, ko so bila ta splošna orodja za sodelovanje uporabnejša od specializiranih rešitev za gradbenike.

1.2 Vpliv na celovitost gradnje

Predvsem zadnja dva trenda bistveno prispevata k povezanosti in celovitosti gradnje, torej k nečemu, kar je začelo razpadati pred stoletji, tisti trenutek, ko cela zgradba z vsemi podrobnostmi ni bila več v glavi enega samega stavbenika, ampak so se znanja specializirala, strokovnjaki pa se med seboj pogovarjali v natančnem jeziku matematičnih izračunov in tehničnih risb.

Informacijski modeli gradbene procese vse tesneje povezujejo na ravni podatkov, ki lahko, pogosto celo brez človekove intervencije, povežejo programe med seboj. Uporaba informacijskih modelov lahko poveže

tisti del gradbeništvu, ki je predvidljiv in zato lahko formalen – spravljen v formo, s katero znajo delati programi BIM. Računalnik kot komunikacijska platforma pa poveže ljudi, ki so sposobni pogledati preko modelov in rešujejo probleme, ki ostajajo onkraj dosega informacijske tehnologije. Povezujejo ljudi, ki so sposobni obvladati enkratno naravo gradbenih produktov in projektov, ter še vedno visoko stopnjo improvizacije, ki je posledica te enkratnosti.

Tretji nivo povezovanja se dogaja na čisto tehničnem nivoju, ki je skupen vsem trem naštetim trendom. Gre za računalništvo kot storitev (angl. computing as utility) in mobilno računalništvo. Prvo daje računalniške vire (procesiranje, hranjenje podatkov, komunikacije) na razpolago uporabnikom na čisto nov način. Postajajo del gospodarske infrastrukture; podobno kot se podjetja praviloma ne ukvarjajo s tem, da imajo svoj izvir vode, svojo kanalizacijo in elektrarno, se iz organizacij selijo tudi računalniške storitve.

1.3 Trendi

Računalništvo je šlo skozi več nihanj med lokalnim in oddaljenim. Na IKPIR se spominjamo časov, ko smo na FGG samo luknjali kartice, računalno pa se je nekje daleč. Sledili so osebni računalniki, ki so delo opravili na uporabnikovi mizi. Potem so se pojavili strežniki, ki so del hrambe podatkov in komunikacije opravili v računskem središču. Danes smo priča selitvi računskih virov v »oblak« ter virtualizaciji računalnikov in omrežij. Osebni računalnik je samo okno, skozi katero izkoriščamo vire v oblaku.

V ta vzorec se zelo dobro vklaplja mobilno računalništvo. Mobilna naprava zaradi porabe energije in zahteve po majhni teži ne more zagotavljati velike procesne moči in hrambe podatkov; lahko pa je prav uporabno in v vsakem trenutku dostopno okno v virtualizirane storitve v oblaku.

Virtualizacijska tehnologija je hkrati odlična podpora vzorcu virtualnega podjetja (začasnega zavezništva sicer neodvisnih organizacij, ki na podlagi dogovorjenih pristojnosti opravljajo skupne poslovne procese), ki je že stoletja prisoten v gradbeništvu in je lahko zdaj tudi tehnološko podprt.

V članku predstavljamo svoje razumevanje trendov in prispevke k razvoju tehnologij.

2 • SMERI RAZVOJA INFORMATIKE IN GRADBENE INFORMATIKE

Svetovni splet je v zadnjem desetletju ali dveh korenito spremenil gospodarstvo in tako ali drugače vplival na večino svetovnega prebivalstva. Splet danes ne predstavlja zgolj vira informacij, predstavlja tudi način poslovanja.

2.1 Novodobni socialni, tehnološki in poslovni trendi

Svet je danes povezan bolj kot kadarkoli prej, saj so tehnološke povezave pokrite s socialnimi omrežji. Fenomen, ki mu pravimo splet 2.0, predstavlja zlitje internetnega sveta z množico različnih novih orodij za komunikacijo, interakcijo in sodelovanje (Fuller, 2009). Spivack (2007a) je krivuljo naraščanja tehnoloških in socialnih povezav opisal kot na videz stalno rastočo (glej sliko 3), napoved razvoja tehnologij in računalniških okolij pa je razdelil na intervale oziroma obdobja. Trenutno smo v razvoju interakcijskih in komunikacijskih orodij na meji obdobja spleta 2.0 in spleta 3.0 (imenovanega tudi semantični splet).

2.1.1 Splet 2.0

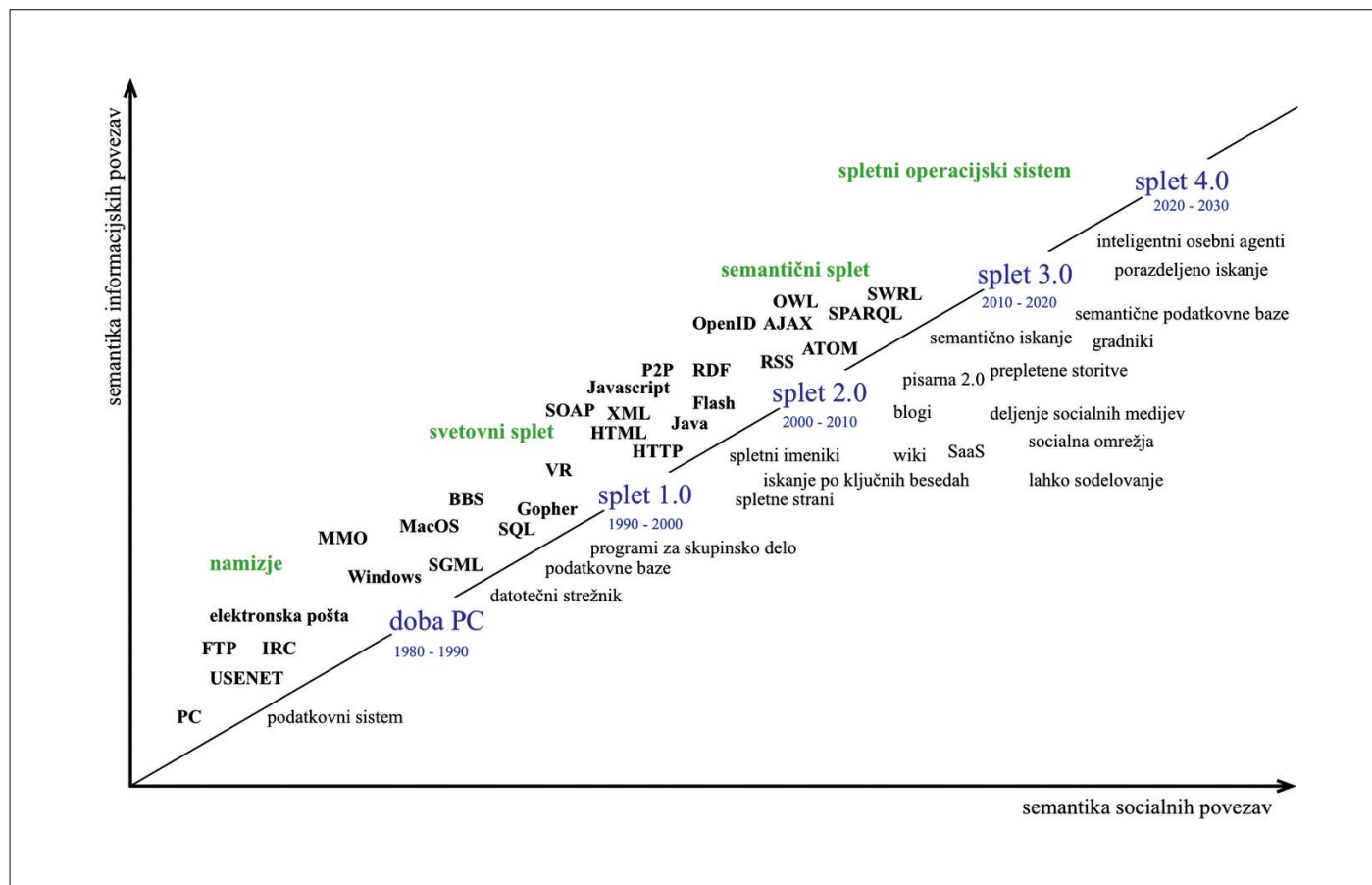
Splet 2.0 je nova generacija spletnih storitev in predstavlja evolucijo (in hkrati revolucijo) spleta s tehnološkega in sociološkega vidika. O'Reilly (2005) je prepričan, da splet 2.0 nima točno določene meje, temveč zgolj gravitacijsko jedro. Velja ocena, da gre za trend oziroma smer, v katero se splet razvija, in ne za objekt, ki ga lahko ustvarimo (Jewell, 2007). Nivi (2005) je zapisal, da gre za odnos, ki teži k radikalno odprti komunikaciji in tudi skupnosti.

O'Reilly (2006) je zapisal naslednjo (kompaktno) definicijo spleta 2.0:

Splet 2.0 je poslovna revolucija v računalniški industriji, ki sta jo povzročila prehod k internetu kot platformi, in poskus razumeti pravila, ki omogočajo uspeh na tej platformi. Glavno pravilo za uspeh je naslednje: zgraditi je treba aplikacijo, ki upošteva mrežni učinek in ki z naraščanjem števila uporabnikov postaja boljša in boljša.

Miller (2005) razpravlja, da so posledice fenomena spleta 2.0 med drugim:

- pojav spletnih storitev, ki uporabnikom zagotavljajo dodano vrednost v pravem času in na pravem mestu, v pravi obliki, podatke pa pridobivajo iz širokega spektra zalednih sistemov;
- ustanavljanje *ad hoc* povezav med storitvami in zanje tam, kjer so potrebne, brez dragih in časovno potratnih pogodb in sporazumov;
- razdruževanje vsebin in storitev na uporabniku bolj razumljive komponente, manjšanje števila posrednikov in posledično bolj neposreden dostop do spletnih virov;
- pretvorba pasivnih prejemnikov v aktivne sooblikovalce vsebin, ki so nato preoblikovane, združene ali kombinirane, na voljo na mnogo različnih načinov;
- zamenjava dragih monolitnih sistemov z računalniškimi okolji, ki podpirajo namenske komponente, kar zagotavlja želeno medobratovalnost.



Slika 1 • Semantika informacijskih in socialnih povezav (Spivack, 2007a)

2.1.2 Tehnologije spleta 2.0

Splet 2.0 zajema široko paleto tehnologij, ki se ne razlikujejo bistveno od tehnologij tradicionalnega spleta, saj je drugačna le uporaba. Kljub temu med temeljne tehnologije spleta 2.0 uvrščamo predvsem:

- **CSS** (Cascading Style Sheets): CSS je jezik za opis predstavitvene semantike (videza in oblike) dokumenta, zapisanega v označevalnem jeziku. S CSS se vsebina dokumenta loči od oblike, kar uporabnikom in razvijalcem omogoča več prožnosti in nadzora;
- **Ajax** (Asynchronous JavaScript and XML): Ajax je skupina povezanih razvojnih tehnik spletnega programiranja, ki omogočajo ustvarjanje interaktivnih aplikacij na uporabniški strani. Z Ajaxom lahko spletne aplikacije pridobivajo podatke s strežnika nesočasno (asinhrono) ter v ozadju brez motenj prikaza in obnašanja spletne strani (Garret, 2005);
- **Adobe Flash™**: čeprav je bila tehnologija Adobe Flash™ na voljo že pred pojavom spleta 2.0, je šele tedaj dobila pravi zagon, zlasti ker omogoča vsebine, ki jih tradicionalno uporabljani HTML ne zmore. To velja predvsem za prikaz in predvajanje videa in zvoka. Največja slabost te tehnologije je strojna zahtevnost, zato jo v zadnjem času predvsem zaradi naraščanja števila pametnih mobilnih naprav precej uspešno izriva standard HTML5, ki pa še ni dovolj dobro podprt v brskalnikih;
- **RSS** (Really Simple Syndication, tudi Rich Site Summary ali RDF Site Summary): RSS je družina formatov spletnih virov (RSS, RSS2, Atom itd.), temelječih na standardu XML. Omogoča objavljanje redno osveženih informacij, ki jih je mogoče pregledovati s pomočjo različnih programskih aplikacij;
- **OpenID in OAuth**: Z naraščanjem števila spletnih storitev spleta 2.0 so se pojavile težave z avtentikacijo uporabnikov in varnostjo njihovih podatkov. Uveljavila sta se predvsem dva odprta standarda: OpenID in OAuth. V zadnjem času pobuda prevzema standard OAuth, saj so ga podprle vse priljubljene spletne storitve, kljub temu pa je prednost standarda OpenID v tem, da ne temelji na centralnem preveritvenem organu.

Značilnost tehnologij in storitev spleta 2.0 je, da ne gre nikoli za zaključeno (ali celo zaprto) celoto, saj vsaka uspešna storitev nudi programski vmesnik (API), ki omogoča uporabo storitve na programskem nivoju, in posredno tudi izboljšanje storitve. To pomeni, da storitve ni treba uporabljati na predvideni način in celo

v predvideni namen, ampak se lahko vsaka storitev prek programskih vmesnikov prilagodi (spremeni) in ponudi v drugačni (izboljšani in obogateni) podobi. Tako lahko praktično vsako storitev z nekaj znanja spremenimo po lastnih željah (prenesemo na drugo platformo, dodamo funkcionalnost ipd.).

2.1.3 Storitve za spletno druženje in spoznavanje (socialna omrežja)

Storitve za spletno druženje in spoznavanje (SNS) so evolucija spletnih skupnosti ter gostujočih storitev in so razmeroma nov koncept, katerega število uporabnikov v zadnjih letih raste eksponentno. Komisija Evropskih skupnosti (2009b) je storitve za spletno druženje in spoznavanje opredelila kot »spletna komunikacijska računalniška okolja, ki uporabnikom omogočajo ustvarjanje omrežij ali vključevanje v omrežja enako mislečih uporabnikov«.

Shuen (2008) razpravlja, da je spletno mreženje precej podobno mreženju v vsakdanjem življenju brez povezave v internet, saj so pri obeh pomembne socialne spretnosti. Razlika je ta, da povezovanje prek spletnih strani, elektronske pošte ali storitev za takojšnje sporočanje daje vtis navidezne bližine, pri čemer ni potrebe po vpludnostnem kramljanju. Shuen (2008) ugotavlja, da kljub temu ni zamenjava za osebni stik, vsekakor pa spreminja družbene vzorce, ki smo jih vajeni.

Preprosta in hitra digitalna povezljivost je premaknila težišče socialnega mreženja od ustvarjanja, preslikav in širjenja k iskanju novih načinov za izkoriščanje lastnega omrežja (Shuen, 2008).

2.2 Tehnološka evolucija

Komisija Evropskih skupnosti (2009a) je s sodelovanjem strokovnjakov iz industrije opredelila štiri ključne dejavnike, ki bodo vplivali na industrijo programske opreme v naslednjih letih: storitveno usmerjeno arhitekturo (SOA), računalništvo v oblaku, poslovno okolje 2.0 in semantični splet.

2.2.1 Storitveno usmerjena arhitektura (SOA)

Storitveno usmerjena arhitektura (SOA) je pristop k razvoju programske opreme, pri katerem se za povezavo ponovno uporabnih aplikacij v medobratovalne storitve uporabi fleksibilna in standardizirana arhitektura (Komisija Evropskih skupnosti, 2009a). Uporabi se lahko kot arhitektura za novo načrtovane rešitve ali kot načrt za rekonstrukcijo in poenostavitev

obstojećih kompleksnih informacijskih rešitev (Medeot, 2007).

V nasprotju z modeli odjemalec/strežnik, ki jih zaznamuje integracija po principu čvrste povezanosti ter posledično drago vzdrževanje in nadgradnja, so pri SOA posamezni deli porazdeljenega informacijskega sistema šibko povezani, kar razvijalcem omogoča, da o storitvi vedo le to, kje jo najdejo in kako z njo komunicirajo ((Komisija Evropskih skupnosti, 2009a), (Medeot, 2007)).

Kot pristop k razvoju programskih rešitev, ki organizacijam omogoča večjo prožnost in hitrost prilagajanja, preprostejšo povezavo razpoložljivih sistemov in novih tehnologij ter preprostejše vzdrževanje in nadgradnjo, se je SOA uveljavila tudi v poslovnem svetu (Kempiners, 2007). Storitve je mogoče vključiti v popolnoma heterogena poslovna okolja, pri čemer se gradijo, uporabijo in ponovno uporabijo glede na spreminjajoče se poslovne potrebe (Komisija Evropskih skupnosti, 2009a).

2.2.2 Računalništvo v oblaku

Računalništvo v oblaku je model uporabe informacijskih rešitev v obliki storitev, dostopnih na internetu, v nasprotju s tradicionalnim načinom, pri katerem so rešitve nameščene na strežnikih ali osebnih računalnikih v podjetju. Ime je izpeljano iz znaka, ki se je v omrežnih diagramih uporabljalo in se še uporablja za internet (Easynet, 2008). Računalništvo v oblaku je postalo splošni izraz za prilagodljive informacijske storitve in služi kot krovni pojem za zagotavljanje storitev, ko so hramba podatkov, računska moč, programska razvojna okolja in oprema, ki so končnim uporabnikom dostopni prek interneta (Komisija Evropskih skupnosti, 2009a).

Računalništvo v oblaku je:

- »model primernega in na zahtevo mrežnega dostopa do zaloge računalniških virov (npr. omrežij, strežnikov, shrambe, uporabniških programov in storitev), ki se lahko zagotovijo, uporabijo in sprostijo z minimalnimi naporii upravljavca ter ponudnika storitve« (Mell, 2009);
- »priprava in oskrba z računalniškimi storitvami – računsko močjo, podatkovno shrambo, pasovno širino in namensko programsko opremo – prek omrežja, kadar je to potrebno« (Hartman, 2009);
- »oblika računalništva, kjer so računalniške zmogljivosti dostopne *kot storitve*, kar uporabnikom omogoča dostop do tehnoloških storitev *v oblaku* brez potrebe po znanju, nadzoru ali zavedanju o tehnologiji, ki jih podpira« (CCUCDG, 2009a).

Uveljavili so se predvsem trije modeli računalništva v oblaku ((Mell, 2009), (CCUCDG, 2009a), (CCUCDG, 2009b)) (glej sliko 4):

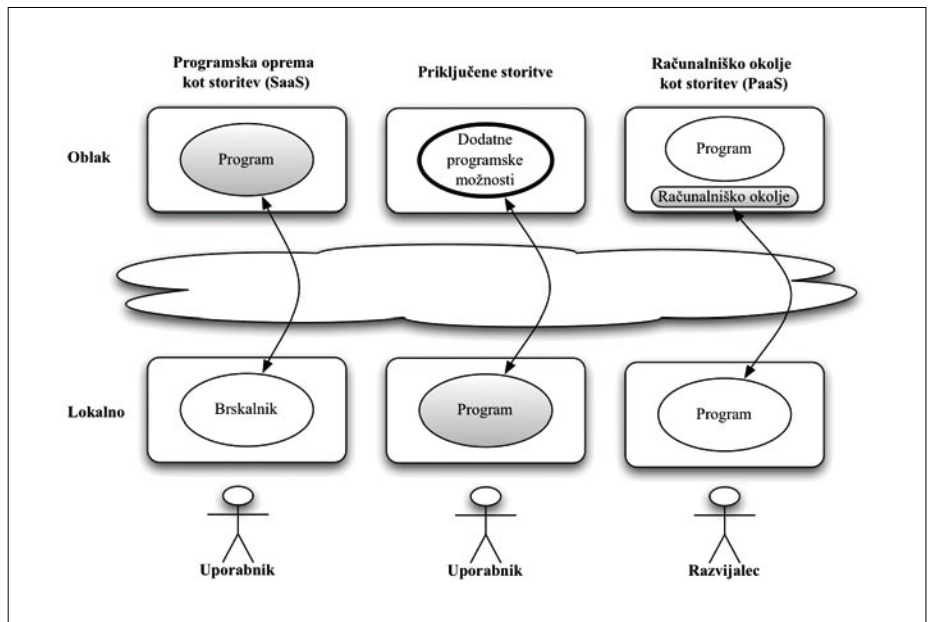
- programska oprema kot storitev (SaaS): uporabnik uporablja aplikacije, vendar ne nadzoruje operacijskega sistema, strojne opreme ali omrežne infrastrukture, na kateri teče. Aplikacije so dostopne prek različnih naprav z vmesniki lahkih odjemalcev (npr. spletna pošta) – primeri: salesforce.com, Google Gmail, Netsuite ...
- računalniško okolje kot storitev (PaaS): omogoča postavitev lastnih aplikacij v računalniško okolje v oblaku, če so aplikacije skladne z zahtevami ponudnika (pravi programski jezik, prava orodja). Uporabnik nima nadzora nad osnovno infrastrukturo (operacijski sistem, strojna oprema, omrežna infrastruktura), lahko pa ima dostop do nekaterih namestitvenih možnosti – primeri: Google App Engine, Microsoft Azure, Cloud Foundry ...
- infrastruktura kot storitev (IaaS): omogoča nadzor nad vsemi glavnimi računalniškimi viri, kot so računsko moč, shranjevanje podatkov, omrežne komponente (tudi požarni zid in sistemi za izenačevanje obremenitve) in vmesna programska oprema. Uporabnik ima nadzor nad operacijskim sistemom, vendar nima nadzora nad osnovno infrastrukturo – primer: Amazon EC2, GoGrid, VMware ...

Od tradicionalnega modela upravljanja in vzdrževanja programske opreme se loči po tem, kje so aplikacije nameščene in kdo jih vzdržuje (Hartman, 2009):

- programska oprema, ki teče na lokaciji podjetja, za svoje nemoteno delovanje zahteva nakup in vzdrževanje strojne opreme. Tako ima podjetje popoln nadzor nad aplikacijami in podatki, vendar ima obenem višje stroške in težje umerja potrebe;
- če programska oprema teče pri ponudniku gostovanja, se stroški vzdrževanja infrastrukture in upravljanja delijo;
- programska oprema, ki teče kot storitev v oblaku, nudi manj možnosti neposrednega nadzora, a večjo ekonomičnost in preprostejšo umerjanje potreb.

Osnovni modeli postavitve računalništva v oblaku so štirje ((Mell, 2009), (CCUCDG, 2009a), (CCUCDG, 2009b)):

- **zasebni oblak:** oblak je postavljen le za eno organizacijo. Upravlja in vzdržuje ga lastnik ali zunanji izvajalec, lahko je postavljen znotraj organizacije ali zunaj nje;
- **oblak skupnosti:** oblak si deli več organizacij, ki tvorijo skupnost. Upravlja in vzdržujejo



Slika 4 • Modeli računalništva v oblaku

ga lastniki ali zunanji izvajalci, lahko je postavljen znotraj organizacij ali zunaj njih;

- **javni oblak:** infrastruktura je v lasti ponudnika storitev v oblaku in je javno dostopna;
- **hibridni oblak:** je kombinacija javnega in zasebnega oblaka. Uporabniki po tem modelu manj pomembne poslovne procese in informacije obdelujejo v javnih oblakih, medtem ko občutljive storitve in podatke zadržijo v zasebnem oblaku. Povezava med obema poteka prek standardnih in zaščitene tehnologij, ki omogočajo prenosljivost.

2.2.3 Poslovno okolje 2.0

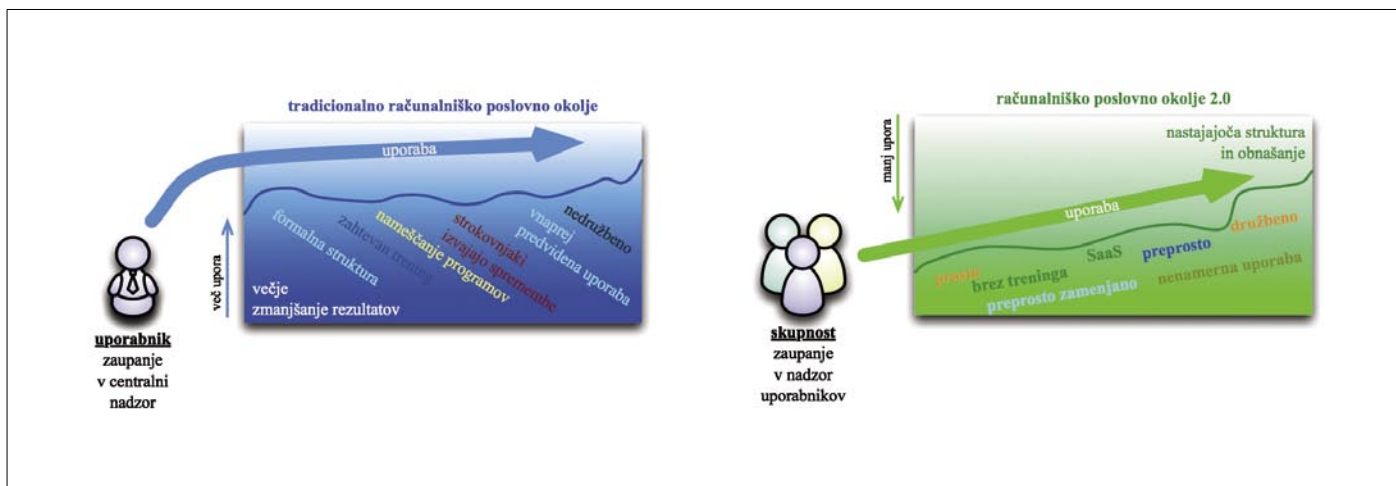
Naraščanje priljubljenosti digitalnih računalniških okolij za ustvarjanje, deljenje in filtriranje informacij na internetu, poimenovanih tudi storitve spleta 2.0, kot posledico nezadovoljstva nad zastarelimi tehnologijami v poslovnem okolju je McAfee (2006a) združil pod krovnim izrazom poslovno okolje 2.0. Poslovno okolje 2.0 združuje tehnologije in računalniška okolja spleta 2.0, ki jih lahko strokovni delavci, katerih primarna naloga je ustvarjanje ter uporaba znanja in informacij, pri svojem delu uporabljajo. Zaposleni, večši digitalnih opravil, tudi v svojem poslovnem okolju pričakujejo enake (preproste, učinkovite, splet 2.0) metode in orodja za komuniciranje, saj so ti prav s pojavom socialnih omrežij prvič omogočili uporabno ter preprosto tehnološko podprto komunikacijo in sodelovanje, dostopno širšim množicam.

McAfee (2006b) je poslovno okolje 2.0 opredelil kot »uporabo proste socialne programske

opreme v podjetjih«, kjer prosta programska oprema ni vnaprej določena in nima vnaprej pripravljenega pretoka dela, je neodvisna od organizacijske sheme in je sposobna dela z mnogimi oblikami podatkov. McAfee (2006c) je pozneje definicijo nekoliko spremenil, saj je menil, da prvotna ni bila dovolj dobro oblikovana: »poslovno okolje 2.0 predstavlja uporabo pojavljajočih se socialnih računalniških okolij v podjetjih ter med podjetji in njihovimi strankami oziroma partnerji«.

Del vzroka priljubljenosti tehnologij in orodij spleta 2.0 je tudi pojav široke palete ozko usmerjenih rešitev, zato ne čudi, da so računalniška poslovna okolja 2.0 v svoji zasnovi modularna. Tako lahko podjetja in organizacije komponente, vire in storitve dodajajo skladno s potrebami in razvijajočimi se poslovnimi modeli. V nasprotju s tradicionalnimi informacijskimi postavitvami (glej sliko 5) je v takšnem okolju mogoče razviti, umestiti in aktivirati nove storitve brez dolgih priprav, tečajev in usklajitvenih projektov, prav tako pomembno je tudi to, da je zaposlenim prihranjeno mučno učenje, privajanje in prilagajanje na nove tehnološke rešitve oziroma računalniška okolja (Buytendijk, 2008).

Spremembe pa se niso zgodile le na tehnološkem področju. Poklicni strokovnjaki in vodilni delavci imajo danes močan vpliv na delovanje organizacij, v katerih delujejo. Tradicionalne hierarhične strukture se izravnajo in se bodo še naprej, zaposleni znotraj njih pa želijo sodelovati pri strateških odločitvah, ki vplivajo tudi na njihovo delo. Spremembe



Slika 5 • Tradicionalno poslovno okolje in poslovno okolje 2.0 (Hinchcliffe, 2006)

obstajajo tudi pri poslovnih procesih, saj so začele organizacije od modela, po katerem se procese določa in izvaja izključno navzven, prehajati k vrednostni verigi delovanja navznoter, kjer so stranke tiste, ki določajo delovanje in potek poslovnih procesov. V poslovnem okolju 2.0 je opravljanje posla proces nenehne interakcije in sodelovanja (Buytendijk, 2008).

2.2.4 Semantični splet

Nova arhitektura spleta, imenovana semantični splet, z izgradnjo novih smiselnih pomenov na spletu nudi možnost uporabe skupnega znanja. Raziskovalni semantični splet se je razvil iz tradicij umetne inteligence in ontoloških jezikov ter nudi samodejno procesiranje s strojno razumljivimi metapodatki (Alesso, 2006). Splošnemu prepričanju navkljub semantični splet ni nova oblika spleta, temveč le razširitev obstoječega, pri čemer se po novem informaciji dodeli dobro opredeljen pomen, kar omogoča boljše sodelovanje med človekom in računalnikom (Berners-Lee, 2001). Pomembno je izpostaviti, da se ne razlikuje od svetovnega spleta, ima pa razširitve, ki ga naredijo še bolj uporabnega (Feigenbaum, 2007). Iskold (2008) je opredelil dva načina dodajanja semantične vsebine:

- (klasični) način »od spodaj navzgor«: dodajanje semantičnih metapodatkov spletnim stranem in podatkovnim bazam na internetu. Posledično vsaka spletna stran postane semantična. Težava je, da se moramo naučiti RDF/OWL ((Spivack, 2008) (Spivack, 2009));
- (sodobnejši) način »od zgoraj navzdol«: samodejno ustvarjanje semantičnih metapodatkov za vertikalne domene. Ustvarjajo

se storitve, ki predstavljajo krovni sloj nad nesemantičnim spletom. V tem primeru se ni nikomur treba učiti RDF/OWL.

Ker obstaja kar nekaj težav klasičnega pristopa od spodaj navzgor (vsaka spletna stran mora podatke »obrazložiti« v ustrezni obliki (RDF, OWL itd.), da bi jih računalniki lahko »razumeli«), se vse bolj uveljavlja sodobnejši pristop od zgoraj navzdol, ki z razmeroma preprostimi metodami (kot je recimo dodeljevanje označb iz obstoječih oblik spletnih strani) samodejno izlušči semantične informacije. Semantični splet se pogosto omenja skupaj z izrazom splet 3.0, s katerim se opisuje prihodnost spleta s tehnološkega vidika. Ker je prihodnost spleta in spletnih tehnologij še precej nejasna, je bolj primerna definicija (Spivack, 2008), ki o spletu 3.0 govori kot o tretjem desetletju interneta (obdobju 2010–2020), v katerem se pričakuje popoln razmah semantičnega spleta.

2.3 Razvoj gradbene informatike

Informacijske tehnologije so s povezanimi področji (telekomunikacije in elektronika) popolnoma spremenile načine upravljanja informacij in komunikacije med ljudmi v industriji. To se je zgodilo predvsem na tri načine (Dainty, 2006):

- s pospešitvijo procesiranja informacij;
- z olajšanjem dostopa do informacij;
- z izboljšanjem informacijskih sistemov za upravljanje za bolj učinkovito odločanje in nadzor.

Gradbena industrija je računalnik in informacijske tehnologije sprejela v treh korakih (Turk, 2001b):

1. Najprej so računalnik uporabljali predvsem kot pomoč inženirjem pri reševanju vedno večjih modelov. Neposreden rezultat je bil

prihranek časa, prav tako je bila inženirjem naenkrat dana možnost doseganja večje natančnosti in razvoja bolj zapletenih modelov.

2. V naslednjem koraku so računalniki nadomestili risalne mize.
3. Tretje obdobje se je pričelo sredi osemdesetih let s pojavom prvih osebnih računalnikov. Od takrat naprej je računalnik nepogrešljivo orodje in se uporablja pri vsakdanjem inženirskem delu.

Za četrto obdobje IKT in računalnika v gradbeništvu štejemo internet. Pred široko javno uporabo interneta so bila poslovna računalniška okolja običajno omejena na vpeljavo znotraj ene same organizacije. Hiter razvoj internetnih informacijskih tehnologij je organizacijam dal možnost uporabe in vpeljave tehnoloških rešitev, ki so presežale prej veljavne omejitve, ter jim hkrati ponudil možnost ustvarjanja novih, bolj učinkovitih poslovnih procesov in izboljšanje medorganizacijskih delovnih praks (Becerik, 2004).

Gradbeništvu se je razmahu svetovnega spleta pridružilo sredi devetdesetih let, ko se je internet prvič pojavil v znanstvenih in strokovnih prispevkih na gradbeniških kongresih in delavnicah (Turk, 2001). Kmalu se je pokazalo, da gre za uporabno in udobno tehnologijo, ki procese v primerjavi s tradicionalnim načinom pohitri, poenostavi in poceni, hkrati pa naloge opravi zanesljiveje. Gradbena industrija je razmeroma hitro odkrila komunikacijske možnosti novih tehnologij, ki so se kmalu uveljavile vzdolž celotnega sektorja, kljub temu pa ni izkoristila celotnega potenciala novorazvitih IKT.

Čeprav IKT nudijo izjemno veliko možnosti na področju komunikacije, sodelovanja ter

upravljanja, in da gre za informacijsko precej zahtevno industrijo, gradbeništvo še vedno zaostaja pri uvajanju novih produktov, procesov in tehnologij (Becerik, 2004). Razlogov za to je več. Tako Turk (1999) kot Cerovšek (2002) ugotavljata, da ima pri odnosu gradbeništva do IT ključno vlogo fenomen enkratnosti, saj gre za:

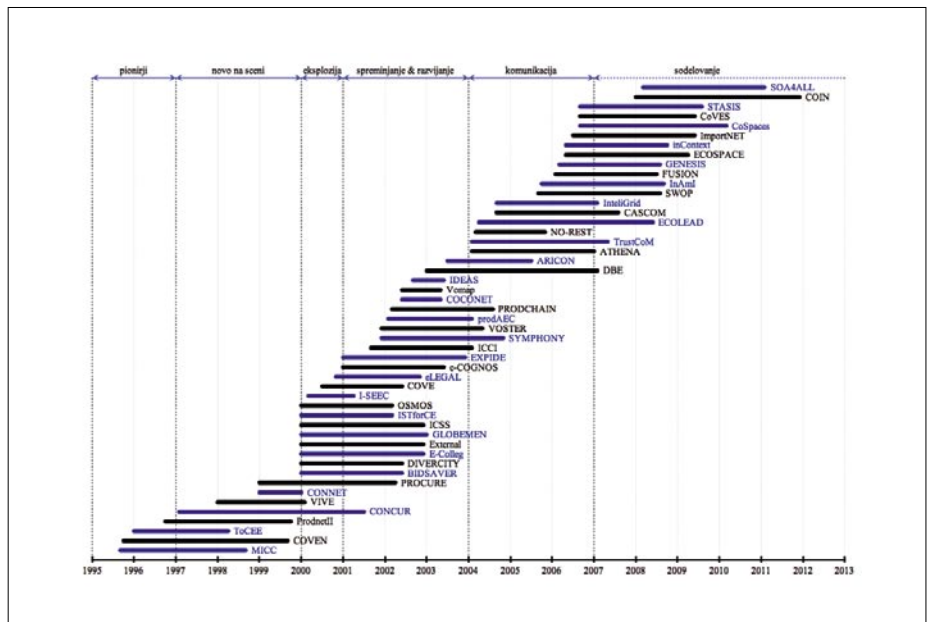
- **enkratni produkt:** gradbeni izdelki (stavbe in inženirski objekti) so praviloma edinstveni;
- **enkratni proces:** procesi načrtovanja, gradnje in vzdrževanja so skoraj vedno edinstveni;
- **enkratni krog sodelujočih:** proces načrtovanja, gradnje ali vzdrževanja opravlja vedno druga skupina izvajalcev in podizvajalcev, ki so si lahko že pri naslednjem projektu konkurenti, zato je vsem v interesu deliti samo toliko, kolikor je nujno treba;
- **enkratni obseg** navedenih treh kategorij – po kvaliteti kot tudi kvantiteti.

Zaradi vsega naštetega se gradbeništvo od drugih industrij loči tudi na področju informacijskih rešitev (Turk, 1999):

- omogočati mora izdelke, ki jih ni mogoče opisati s standardiziranimi modeli;
- omogočati mora preglednost modelov za izmenjavo med aplikacijami;
- osredotočiti se mora na komunikacijo človek–človek in podpirati improvizacijo kot pomemben način opravljanja nalog v gradbeništvu;
- graditi mora tanek sloj nad zmerno tehnično in človeško infrastrukturo.

V zadnjih 15 letih se je zvrstila množica evropskih (in tudi nacionalnih) projektov, ki so se ukvarjali s področjem z IKT podprtega sodelovanja v inženirstvu (slika 6).

Becerik (2004) je v svoji raziskavi spletnih sistemov za upravljanje projektov v gradbeništvu uvedel obdobja, v katera lahko časovno raz-



Slika 6 • Časovni potek projektov IKT podprtega sodelovanja v inženirstvu

vrstimo tudi informacijsko-komunikacijske projekte za sodelovanje v inženirstvu na splošno:

- 1995–1997: pionirski. V tem obdobju so se pojavili prvi raziskovalni projekti, ki so se posebej usmerili v raziskovanje potenciala informacijsko-komunikacijskih tehnologij za inženirstvo. Med pionirji je bila tudi Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (FGG) Univerze v Ljubljani (UL), saj je Katedra za gradbeno informatiko (KGI) kot partner sodelovala pri projektu ToCEE;
- 1997–2000: novi na sceni. Drugi val projektov je že prinesel prve programe pristopov k temi, število projektov se je postopoma povečevalo;
- 2000–2001: eksplozija. Na prelomu tisočletja je začela svoje delo množica projektov. Eksplozija delno sovпада s pro-

gramom financiranja EU, delno pa lahko navdušenje pripišemo obdobju podjetij .com, ki so cvetela do poka internetnega balona. KGI je v tem obdobju sodelovala v projektu ISTforCE;

- 2001–2004: spreminjanje in razvijanje. Po poku internetnega balona se je začetno navdušenje nekoliko umirilo, število projektov se je stabiliziralo, prednostne naloge v raziskavah so se izostrile in konsolidirale;
- 2004–2007: komunikacija. V tem obdobju se je raziskovalo predvsem v smeri komunikacijske infrastrukture v podporo inženirskim procesom in dejavnostim. KGI je v tem obdobju koordinirala projekt InteliGrid;
- 2007–: sodelovanje. Od pojava in uveljavitve spleta 2.0 dalje se raziskuje predvsem v smeri učinkovitega sodelovanja.

3 • INŽENIRSTVO V OBLAKU

Računalniško podprto inženirstvo ima dolgo zgodovino. Razviti so bili številni inženirski programi (CAD, programi za računske analize, inženirski informacijski sistemi idr.), ki omogočajo hitrejši in natančnejši razvoj novih produktov. V zadnjem času pa je mogoče opaziti, še zlasti v teh negotovih časih, da inženirska podjetja le še s težavo sledijo vedno hitrejšemu razvoju informacijskih tehnologij.

To je še posebno očitno pri malih in srednje velikim podjetjem, ki so v gradbenem sektorju v veliki večini (Pazlar, 2004).

Potencialne koristi računskih virov v oblaku so očitne. Vprašanje pa je, ali bi zgolj premestitev različnih programov iz lokalnega računalnika v oblak izpolnilo pričakovanja inženirjev in omogočilo dostop do najnovejših tehnologij oziroma programov, ki so bili do

zdaj dosegljivi le velikim podjetjem, tudi malim in srednje velikim podjetjem. Da bi izpolnili zahteve inženirjev, mora računalništvo v oblaku zagotoviti dodane vrednosti, ki bodo pomenile kvalitativen napredek v inženirskem delu. Šele takrat bomo lahko govorili o *inženirstvu v oblaku*. Inženirstvo v oblaku je torej proces, ki vključuje reševanje številnih tehnoloških in predvsem netehnoloških problemov.

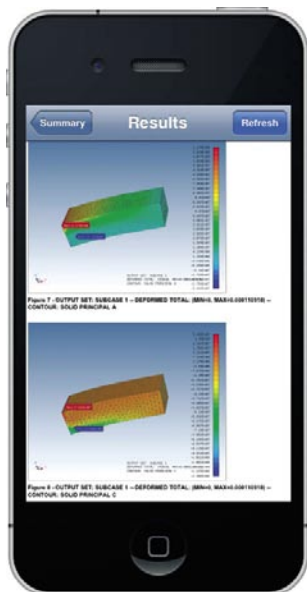
V nadaljevanju so predstavljeni nekateri servisi v oblaku, ki predstavljajo začetne oziroma delne korake h končnemu cilju – inženirstvu v oblaku.

3.1 Računske analize

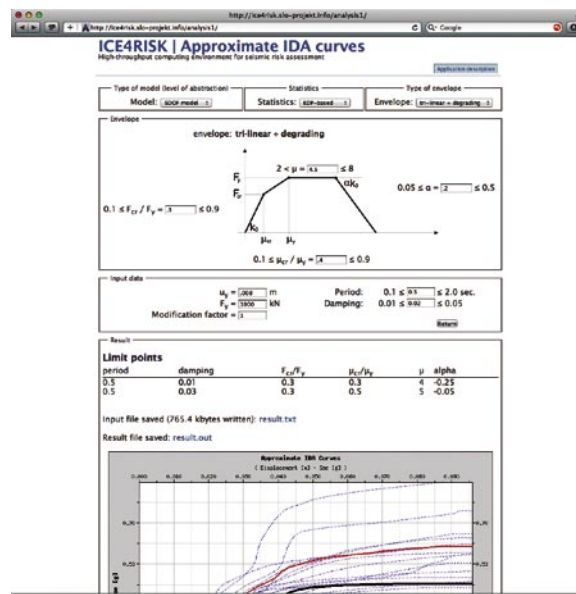
Računske analize so vsekakor področje, kjer so potencialne koristi računskih virov v oblaku najočitnejše. Številni ponudniki (npr. Amazon EC3; <http://aws.amazon.com/ec2/>) omogočajo dostop ali najem računskih virov, na katere lahko namestimo programsko opremo, ki jo potrebujemo pri računskih analizah. Takšne računske vire lahko povežemo z različnimi splošnimi inženirskimi programi, kot sta npr. Mathematica in Matlab. Tako lahko vzpostavimo visokozmogljivo (angl. high-performance computing – HPC) ali visokopropustno (angl. high-throughput computing – HTC) računsko okolje brez nakupa in predvsem kasnejšega vzdrževanja lokalnih računskih zmogljivosti. Seveda lahko podobna računska okolja vzpostavimo tudi lokalno. Na UL FGG tako deluje računsko okolje Condor HTC (Dolenc, 2010), ki omogoča opravljanje različnih računskih analiz.

Tudi ponudniki specialnih inženirskih programov vedno pogosteje omogočajo oddaljen dostop do računskih virov, na katerih se lahko opravljajo analize:

- NEEShub – <http://nees.org/>; omogoča oddaljeno uporabo številnih inženirskih programov: OpenSees, Frame3DD, SAPWood ...
- NEI Stratus – <http://nenastran.com/mobile/>; aplikaciji iPhone in iPad (slika 7a), ki omogoča inženirjem izračune po metodi končnih elementov.
- ICE4RISK / Approximate IDA curves – <http://ice4risk.slo-projekt.info/analysis1/> (Klinc et al., 2010); spletna aplikacija (slika 7b), ki je bila na UL FGG razvita v okviru projekta ARRS, omogoča izračun približnih IDA-krivulj.



Slika 7a • FEA aplikacija za Apple iPhone in Apple iPad

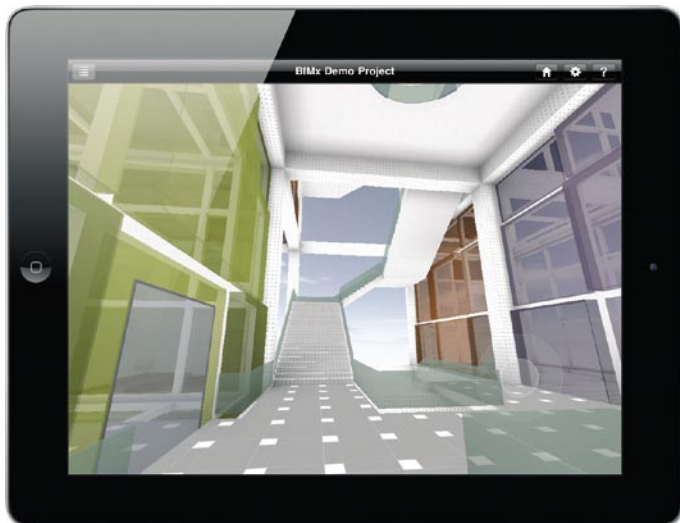


Slika 7b • Spletna aplikacija za izračun približnih IDA-krivulj

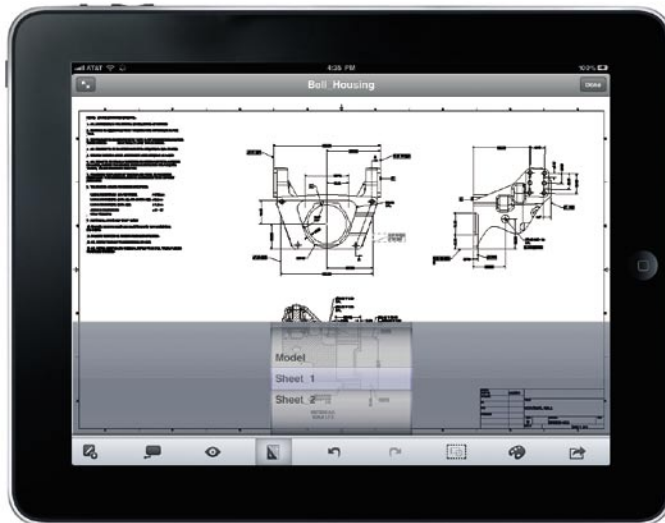
3.2 Informacijsko modeliranje zgradb

Informacijsko modeliranje zgradb (angl. Building Information Modelling – BIM) je metodologija dela oziroma proces ustvarjanja inteligentnih modelov, ki so centralno povezani preko različnih programskih platform (Todorovič, 2011) in različnih profilov uporabnikov (arhitekti, gradbeniki, strojniki, investitorji, upravljalci zgradb idr.). Centraliziranost podatkov zagotavlja pravilnost in konsistenco podatkov in s tem dvig kvalitete projektiranja ter zmanjšanje napak pri delu. Vse to pomeni na koncu nižje stroške načrtovanja, gradnje in uporabe zgradb.

Tehnologija BIM s centraliziranim podatkovnim modelom se zdi zelo primerna za implementacijo v oblaku, kjer so viri logično centralizirani oziroma virtualizirani: uporabnik ne ve in ga običajno tudi ne zanima, kje so fizično viri, do katerih dostopa. Prav zato preseneča, da so trenutne BIM-implmentacije v oblaku skoraj v celoti omejene na uporabo virtualnih računalnikov (CaddForce – <http://www.caddforce.com/>, Bim Cloud Solutions – <http://www.bimcloudsolutions.com/>), kjer so nameščeni različni programi, ki omogočajo informacijsko modeliranje zgradb (Revit, Revit MEP, Ecotect, Archicad, Allplan



Slika 8a • Program BIMx omogoča vizualizacijo BIM-modela na prenosnih napravah



Slika 8b • AutoCAD WS omogoča urejanje DWG datotek tudi na tabličnih računalnikih in pametnih telefonih

itd). Morda je tako implementacija Graphisoft BIM Server (<http://www.graphisoft.com/products/archicad/teamwork.html>) še najbližje pravemu SaaS-modelu računalništva v oblaku. Ta omogoča različnim instancam programa Archicad in drugim programom za informacijsko modeliranje zgradb hkraten dostop do skupnega oddaljenega BIM-modela.

Na področju klasičnih CAD-orodij in orodij za vizualizacijo BIM-modelov pa je mogoče zaslediti velik premik v smeri računalništva v oblaku. Tako je npr. Graphisoft izdelal program BIMx (slika 8a, <http://www.graphisoft.com/products/bim-explorer/>), ki omogoča vizualizacijo in deljenje BIM-modelov na napravah z operacijskim sistemom iOS. Autodesk pa je že pred časom predstavil produkt AutoCAD WS (<https://www.autocadws.com/>), ki omogoča urejanje DWG-datoteke na spletu oziroma namenskih programov, ki delujejo na različnih napravah (slika 8b).

3.3 Komunikacija in sodelovanje

Ob prehodu iz tradicionalnega komuniciranja in sodelovanja v taka, ki sta podprta z orodji IKT, se je v gradbeništvu spremenil predvsem način interakcije med udeleženci. Tako se je topologija iz polno povezane, kjer je lahko vsak udeleženec komuniciral z vsakim neposredno, z informacijsko-komunikacijskimi orodji spremenila v zvezdasto, kjer udeleženci skoraj vedno komunicirajo prek posrednika (naj bo to projektni portal, produktni model, forum ali strežnik FTP ipd.).

Skladno s prehodom se je razvil pristop h komunikaciji in sodelovanju, ki mu pravimo »od zgoraj navzdol«. Orodja za sodelovanje so vnaprej določena (predpisana), pristop do IKT in orodij je centraliziran, komunikacijske poti pa so ustaljene in strogo sledijo organizacijski hierarhiji. Običajno gre za IKT-rešitve,

nameščene na centralnih strežnikih, ki so v lasti organizacije, ki jih tudi vzdržuje. Tak pristop se je v preteklosti uveljavil predvsem zato, ker omogoča strožji nadzor in boljše varnost podatkov in informacij, ki se shranjujejo znotraj same organizacije. Danes ugotavljamo, da ni najbolj primeren, saj centralizirano izbrana in vodena IKT-orodja ne sledijo vedno poslovnim procesom in navadom končnih uporabnikov, imajo strmejšo krivuljo učenja ter ne sledijo najnovejšim dosežkom s področij sodelovanja, komunikacije, spletnih tehnologij in uporabniških vmesnikov.

Tudi zato se v zadnjem času v tujini pojavljajo namenske IKT-rešitve za sodelovanje, prilagojene delu, nalogam in procesom v gradbeništvu, ki delujejo v računalniškem oblaku in sledijo najnovejšim trendom. Takšne rešitve so denimo:

- Build It Live (<http://www.builditlive.com/>): programska rešitev SaaS za vodenje gradbeniških projektov, ki nudi učinkovita orodja za komunikacijo v projektu, od faze projektiranja do faze zaključka del, na nivoju dokumentacije kot tudi na relaciji človek-človek.
- Fusion Live (<http://www.sword-ctspace.com/section/view/495/fusionlive>): oblachna storitev za upravljanje z dokumenti, procesi, projekti in sodelovanje.
- Aconex (<http://www.aconex.com/>): rešitev SaaS za upravljanje z načrti, BIM in 3D-modeli, pogodbami, poročili, terminskimi plani in drugo dokumentacijo.
- Procore (<http://www.procore.com/>): orodja za upravljanje informacij, pogodb, terminskih planov ipd. Dobro se povezuje s klasičnimi programskimi orodji, kot so denimo Microsoft Project, Primavera Suretrak itd.
- Jonas (<http://www.jonas-construction.com/products>): popolna storitev SaaS za majhna

in srednja podjetja, ki se ukvarjajo z upravljanjem in vzdrževanjem stanovanjskih in poslovnih stavb.

Čedalje več komunikacije in sodelovanja v gradbeništvu pa danes poteka s pomočjo sodobnih spletnih storitev, ki niso nujno vpeljane s strani vodstvenih kadrov, ampak si jih izberejo končni uporabniki sami, saj so jih navajeni uporabljati v svojem vsakdanjem življenju. Trend se imenuje tehnološki populizem in ga Gartner (2008) definira kot »smer sprejemanja, ki jo vodi s tehnologijo dobro seznanjena delovna sila, ki sama skrbi za orodja za sodelovanje, informacijske vire in socialna omrežja, za kar je potrebna minimalna (ali pa tudi to ne) tekoča informacijska podpora jedra organizacije«. Gre za pristop »od spodaj navzgor«, primeri takšnih storitev pa so denimo:

- Googlovi dokumenti (<http://docs.google.com/>): pisarniška orodja, ki jih lahko uporabljamo kot storitve preko brskalnika in so na voljo brezplačno – nadomešča priljubljene pisarniški paket Microsoft Office (opomba: članek, ki ga berete, so soavtorji napisali z orodjem Google Dokumenti);
 - Skype (<http://www.skype.com/>): programsko orodje, ki omogoča VoIP-telefonijo, takojšnje sporočanje, deljenje namizja, konferenčne klice ipd.;
 - Vox.io (<http://vox.io/>): rešitev SaaS, ki ponuja VoIP-telefonijo preko brskalnika;
 - Dropbox (<http://www.dropbox.com/>): rešitev SaaS za deljenje datotek med uporabniki;
 - Flowr (<http://theflowr.com/>): storitev za sodelovanje, izmenjavo idej, določanje nalog in komunikacijo med sodelavci.
- Projekcije kažejo, da naj bi bile kmalu zahteve in pričakovanja uporabnikov neposredni povod za nakup oziroma najem kar polovice vseh programskih orodij, strojne opreme in drugih storitev za delo (Gartner, 2008).

4 • SKLEP

Gradbena informatika stopa v zrelo fazo, kar pomeni, da postaja tako vseprisotna, zmogljiva in prijazna, da izginja kot razvojni problem v podjetjih. Razkorak med tem, kaj je na voljo na trgu, kaj je mogoče in kaj praksa uporablja, se večja. Storitve v oblaku, virtualizacija in izkoriščanje zunanjih virov ter infrastrukturnih storitev informatike bodo verjetno povzročili organizacijske spremembe, zmanjšanje in izginjanje računskih središč in oddelkov za informatiko.

Raziskovalno ostajajo zanimiva tehnološka vprašanja, povezana z masivno virtualizacijo in storitvami v oblaku, kar bomo raziskovali v EU-projektu ISES (Intelligent Services for Energy-Efficient Design and Life Cycle Simulation, FP7-ICT-2011-7), ki bo začel delovati jeseni 2011. Celovitost informacij, virtualizacija informacijske infrastrukture in organizacije odpirajo cel kup vprašanj pravne narave, od avtorskih pravic za rezultate sodelovanja do pristojnosti krajevne zakonodaje za oblak,

ki nima lokacije. Vsaj tako pa so zanimiva vprašanja prenosa znanja in študij sprememb, ki jih v organizacije prinašajo nova tehnologija, vpliv tehnologije v ožjem smislu na procese v gradbeništvu in v širšem smislu na družbo kot celoto. Slednje je predmet proučevanja projekta EINS (European InterNet Science, FP7-ICT-2011-7), ki bo začel delovati prav tako jeseni 2011.

5 • LITERATURA

- Alesso, H. P., Smith, C. F., *Thinking on the Web*, Berners-Lee, Gödel and Turing, Wiley-Interscience, New Jersey, 290 str., 2006.
- Becerik, B., A review on past, present and future of web based project management & collaboration tools and their adoption by the US AEC industry, *International Journal of IT in Architecture, Engineering and Construction*, letnik 2, številka 3, str. 233–248, 2004.
- Berners-Lee, T., Hendler, J., Lassila, O., The semantic web: A new form of web content that is meaningful to computers will unleash a revolution of new possibilities, *Scientific American* 284, 5, str. 34–43, 2001.
- Buytendijk, F., Cripe, B., Henson, R., Pulverman, K., *Business Management in the Age of Enterprise 2.0, Why Business Model 1.0 Will Obsolete You*, Oracle Corporation, http://www.oracle.com/solutions/business_intelligence/docs/epm-enterprise20-whitepaper.pdf, 2008.
- Cerovšek, T., *Distribuirana računalniško integrirana gradnja pri pogojih necelovitosti*, doktorska disertacija, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, 308 str., 2002.
- CCUCDG, Cloud computing use cases. A white paper, Draft 3, 20. 7. 2009, http://cloud-computing-use-cases.googlegroups.com/web/Whitepaper_Draft_3.pdf, 2009a.
- CCUCDG, Cloud computing use cases. A white paper, Version 2.0, http://cloud-computing-use-cases.googlegroups.com/web/Cloud_Computing_Use_Cases_Whitepaper-2_0.pdf, 2009b.
- Dainty, A., Moore, D., Murray, M., *Communication in Construction, Theory and practice*, Taylor & Francis, 263 str., 2009.
- Dolenc, M., Klinc, R., Peruš, I., Dolšek, M., The ICE4RISK computing environment, *Proceedings of the Seventh International Conference on Engineering Computational Technology*, Valencia, Spain, 14–17 September 2010, Stirling: Civil-Comp Press, str. 1–8, 2010.
- Easynet, Outlook cloudy as SMBs not ready for hosted apps, A study of UK Small and Medium sized Business' readiness for cloud computing and Software as a Service (SaaS), 2008.
- Feigenbaum, L., Herman, I., Hongsermeier, T., Neumann, E., Stephen, S., *The Semantic Web in Action*, *Scientific American* 297, 6, str. 90–96, 2007.
- Fuller, D., Achtermann, D., McLeod, C., *High-Tech Tools for the Library Media Center, The Future from a Low-tech Point of View*, Springer US, *Educational Media and Technology Yearbook* 34, str. 189–197, 2009.
- Hartman, T., Beck, L., *Defining the business value of cloud computing*, http://www.avanade.be/uploaded/pdf/thoughtleadership/cloudpovfinal_revised090909874764.pdf, 2009.
- Gartner Highlights Key Predictions for IT Organisations and Users in 2008 and Beyond, <http://www.gartner.com/it/page.jsp?id=593207>, 2008.
- Hinchcliffe, D., Enable richer business outcomes: Free your intranet with Web 2.0, <http://blogs.zdnet.com/Hinchcliffe/?p=57>, 2006.
- Iskold, A., *Semantic Web Patterns: A Guide to Semantic Technologies*, http://www.readwriteweb.com/archives/semantic_web_patterns.php, 2008.
- Jewell, H., *The Future of the Web – 7 Reasons to Become Web 2.0 Compatible*, <http://ezinearticles.com/?The-Future-of-the-Web-7-Reasons-to-Become-Web-2.0-Compatible&id=778096>, 2007.
- McAfee, A., *Enterprise 2.0: The Dawn of Emergent Collaboration*. *MIT Sloan Management Review* 47, 3, str. 21–28, 2006a.
- McAfee, A., *Enterprise 2.0 vs. SOA. The Business Impact of IT*, http://andrewmcafee.org/2006/05/enterprise_20_vs_soa/, 2006b.
- McAfee, A., *Enterprise 2.0, version 2.0. The Business Impact of IT*, http://andrewmcafee.org/2006/05/enterprise_20_version_20/, 2006c.
- Kempiners, J., Beck, L., *Service-Oriented Architecture*, <http://www.avanade.com/n/uploaded/pdf/thoughtleadership/soapovsept07460866.pdf>, 2007.
- Klinc, R., Peruš, I., Dolšek, M., Dolenc, M., *Web based computing environment for prediction of approximate seismic response parameters of structures, eWork and eBusiness in architecture, engineering and construction*, proceedings of the European Conference on Product and Process Modelling 2010, Cork, Republic of Ireland, 14–16 September 2010. Boca Raton, Fla.: CRC; London, Taylor & Francis, str. 39–44, 2010.
- Komisija Evropskih skupnosti, *Software 2.0, Rebooting Europe's software industry*, report of an industry expert group on a European software strategy, version 3.0, 2009a.
- Komisija Evropskih skupnosti, *Opinion 5/2009 on online social networking*, Article 29 data protection working party (prevzeto 12. 6. 2009), 2009b.
- Medeot, T., *Uporaba sodobnih pristopov pri upravljanju poslovnih procesov*, diplomsko delo, Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Ekonomska fakulteta, 43 str., 2007.
- Mell, P., Grance, T., *The NIST Definition of Cloud Computing (Version 15)*, National Institute of Standards and Technology, Information Technology Laboratory, <http://csrc.nist.gov/groups/SNS/cloud-computing/cloud-def-v15.doc>, 2009.
- Miller, P., *Web 2.0: Building the New Library*, <http://www.ariadne.ac.uk/issue45/miller/>, 2005.
- Nivi, B., *What is Web 1.0?*, <http://www.nivi.com/blog/article/what-is-web-10>, 2005.
- O'Reilly, T., *What is Web 2.0, Design Patterns and Business Models for the Next Generation of Software*, O'Reilly Media, <http://oreilly.com/web2/archive/what-is-web-20.html>, 2005.
- O'Reilly, T., *Web 2.0 Compact Definition: Trying Again*, <http://radar.oreilly.com/archives/2006/12/web-20-compact-definition-tryi.html>, 2006.