

# Pregled i analiza dosadašnjih modela integracije sustava BIM i ERP

Sonja Kolarić<sup>1</sup>, izv.prof.dr.sc. Mladen Vukomanović<sup>2,1</sup>

<sup>1</sup> Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, [skolaric@grad.hr](mailto:skolaric@grad.hr)

<sup>2</sup> Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, [mvukoman@grad.hr](mailto:mvukoman@grad.hr)

## Sažetak

Razvoj tehnologije te sve šira primjena projektno orijentiranih sustava Building Information Modeling (BIM) te sustava Enterprise Resource Planning (ERP) usmjerenih na upravljanje poduzećem zahtijevaju njihovu integraciju. Dosadašnji modeli integracije nisu primjenjivali principe tehnologije BIM u punom obliku te su ograničeni primjenom specifičnih sustava BIM ili ERP. Zaključno, standardni protok informacija kroz sustave još uvijek nije definiran zbog čega će daljnje istraživanje biti usmjereno na modeliranje tijeka informacija između projekta i poduzeća, odnosno sustava BIM i ERP.

*Ključne riječi: građevinska industrija, projekt, BIM, poduzeće, ERP, modeli integracije*

## Overview and analysis of current BIM and ERP integration models

### Abstract

Technology developments and widespread application of project-oriented Building Information Modelling (BIM) and Enterprise Resource Planning (ERP) systems, directed toward enterprise management, will necessarily require their integration. Current integration models have not made full use of the BIM technology principles, and have been limited by application of specific BIM or ERP systems. It may be concluded that standard information flow through systems still remains undefined, and that further research will focus on modelling information flow between the project and the company, i.e. between the BIM and ERP systems.

*Key words: construction industry, project, BIM, enterprise, ERP, integration models*

## 1 Uvod

Građevinska industrija, a time i većina građevinskih poduzeća, projektno je orijentirana, no s druge je strane neusklađena s novim načinima poslovanja, prijenos je informacija između sudionika gradnje nestandardiziran te su procesi projektiranja, planiranja, upravljanja, izvršenja i kontrole projekta nepotpuni i nedovoljno integrirani. U skladu s time promjene u poslovanju organizacije te restrukturiranje poslovnih procesa predstavljaju kompleksan zadatak koji nerijetko završava neuspjehom. Građevinska poduzeća svoje poslovanje temelje na prolaznim te troškovno, vremenski i lokacijski varijabilnim projektima koji za svoje izvršenje troše različite resurse dostupne unutar promatranoga poduzeća i izvan njega [1, 2, 3]. Pritom je cilj poslovanja svakog građevinskog poduzeća ostvariti ravnotežu između unutarnjih kapaciteta i stvarnoga rada, uz maksimalno iskorištenje vlastitih resursa. Navedeno se može postići na razne načine, npr. unajmljivanjem vanjskih resursa kod povećanoga opsega posla, davanjem u najam vlastitih resursa kod smanjenoga opsega posla, osvajanjem tržišta manjim ponudbenim cijenama itd. U takvoj promjenjivoj projektnoj okolini građevinska poduzeća teško ostaju konkurentna na tržištu [1].

Nadalje, informatizacija je zahvatila gotovo svaku industriju, pri čemu građevinska industrija nije iznimka. Štoviše, kompleksna projektna okolina te sve viši zahtjevi tržišta samo potiču ulazak specifičnih informacijskih sustava u građevinsku struku. Pritom se pod pojmom projektna okolina smatra promjenjivo okruženje projekta koje čine unutarnji čimbenici na razini organizacije (misija, vizija, strategija, zaposlenici, veličina organizacije, itd.) te na razini projekta (projektni tim, projektni menadžer, itd.) i vanjski čimbenici (ekonomsko, političko, tehnološko, pravno i druga okruženja) [4]. Stoga manji stupanj informatizacije pridonosi slabijoj konkurentnosti, težem shvaćanju tržišta i praktički nemogućem širenju poslovanja. U prilog tome idu i podaci iz globalne prognoze za građevinarstvo do 2030. godine [5] prema kojoj će rast obujma izvedenih građevinskih radova, u narednih 15 godina, biti predvođen Kinom, SAD-om te Indijom (57 % ukupnoga rasta). Upravo u tim zemljama informatizacija doseže visoke stupnjeve te one zbog vlastitih potreba diktiraju smjerove daljnjega tehnološkog napretka [6, 7, 8]. Sagledavši stanje u Europi može se reći kako će budući rast biti predvođen Ujedinjenim Kraljevstvom te Njemačkom, no do 2025. godine europsko građevinarstvo još uvijek neće doseći stanje prije krize. Neovisno o tome, navedene europske zemlje također spadaju u svjetske lidere koji vode razvoj informacijskih sustava za potrebe građevinske industrije [6-10]. Tumačenjem razmatrane prognoze može se zaključiti kako će se u narednom periodu velik broj ljudi zapošljavati u građevinskom sektoru te da će u razvoju mnogih svjetskih zemalja upravo građevinarstvo imati važnu ulogu [5]. Navedene će činjenice stoga samo potaknuti daljnju informatizaciju čitavog sektora. U građevinskoj se industriji trenutačno primjenjuje mnogo specijaliziranih računalnih aplikacija za planiranje, kalkulacije, statičke analize, proračun fizike zgrade, požarno inženjerstvo, itd., no razvojem tehnologije Building Information Modeling (BIM) takav

se razvoj usmjerava prema jednoj koncepciji koja objedinjuje rad svih sudionika projekta. Budući da je jedan projekt samo manji segment čitavoga poslovanja građevinskog poduzeća, primjećuje se sve veća primjena sustava Enterprise Resource Planning (ERP) koji daju podršku pravilnom poslovanju poduzeća. Dakle, primjena sustava BIM omogućava stvaranje baze podataka pojedinoga projekta dok primjena sustava ERP omogućava upravljanje bazama podataka svih projekata u kojima promatrano poduzeće posluje.

BIM predstavlja opće prihvaćenu koncepciju koji grupira i polako zamjenjuje dosadašnje alate i pristupe u projektiranju, statičkoj analizi, vremenskom planiranju, procjeni troškova, upravljanju projektima itd. [11, 12]. Pritom se u centru svakoga projekta nalazi BIM model, odnosno zajednička baza podataka koja povezuje sve sudionike u projektu. U centraliziranu bazu podataka, informacije ulaze samo jednom, a potom se napredovanjem projekta ažuriraju, prate i kontroliraju. Koristi su implementacije koncepcije BIM-a sljedeće: smanjenje grešaka i propusta, povećanje suradnje između sudionika tijekom raznih faza projekta, smanjenje ponovnoga rada, troškova i trajanja izvedbe itd. [11, 13, 14]. Važnost tehnologije BIM prepoznale su mnoge države (npr. Velika Britanija, Francuska, Španjolska, Norveška, Finska, Austrija, itd.) koje su njezinu primjenu uvele kao zakonsku obvezu [15, 16]. Također, brojne organizacije (npr. ISO, buildingSMART, itd.) pridaju veliku pažnju razvoju BIM standarda (npr. Industry Foundation Classes (IFC, ISO 16739), BS 1192:2007, PAS 1192-5:2015, itd.) koji pridonose ostvarivanju zamišljenih i očekivanih koristi BIM implementacije.

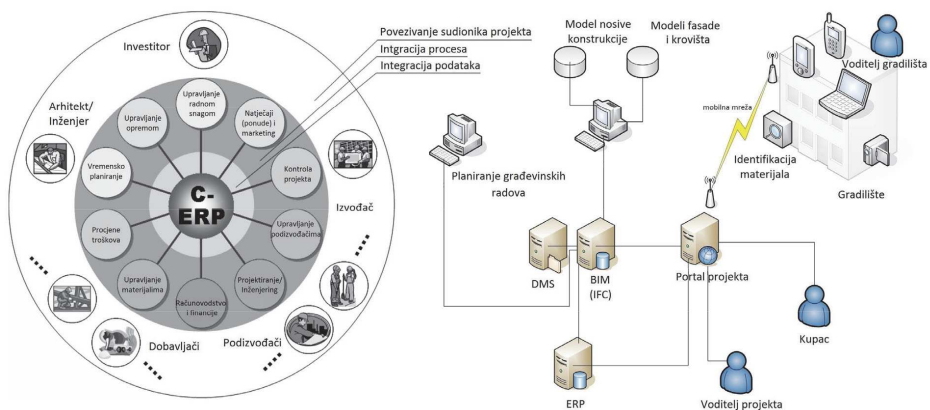
ERP predstavlja sustav za sveobuhvatno planiranje resursa unutar nekog poduzeća, čime sve odjele poduzeća povezuje u jednu integralnu cjelinu [17, 18]. Sustavi ERP razvili su se postupnom evolucijom za potrebe proizvodnje i praćenja lanca opskrbe. Danas se suvremeni sustavi ERP mogu prepoznati u većini srednjih i velikih poduzeća u kojima se upotrebljavaju za organizaciju i automatizaciju poslovnih procesa. Tijekom uporabe sustava ERP u građevinskoj industriji uvidjela se velika potreba za njima, no standardni sustavi ERP nisu bili prilagođeni za potporu poslovanja poduzeća u složenoj projektnoj okolini. Stoga tijekom zadnjih godina započinje razvoj specijaliziranih sustava ERP za potrebe građevinske industrije (eng. Construction Enterprise Resource Planning (CERP) Systems). Identificirani se moduli sustava ERP prilagođenih za građevinska poduzeća (upravljanje radnom snagom, natječaji (ponude) i marketing, kontrola projekta, upravljanje podizvođačima, projektiranje i inženjerstvo, računovodstvo i financije, upravljanje materijalima, procjene troškova, vremensko planiranje, upravljanje opremom [3]) u skladu s raznovrsnom ponudom na tržištu još uvijek ne mogu razmatrati kao standardni.

Dakle, sustavi BIM orijentirani su na projekt dok su sustavi ERP sustavi na poduzeća, zbog čega je teško za očekivati da pojedini od njih preuzima funkcije drugoga. Projekt s jedne strane predstavlja kompleksnu okolinu, no s druge je strane samo mali segment u čitavom poslovanja poduzeća. Trenutno sustavi ERP ne nude održiva rješenja za organizaciju građenja, odnosno ne mogu integrirati sve projektne

informacije. Drugim riječima, primjena je vanjskih aplikacije za procjenu troškova, vremensko planiranje, proračun količina itd. nužna. Budući razvoj spomenutih računalnih aplikacija za organizaciju građenja upućuje na razvoj onih koje podržavaju tehnologiju BIM [2, 19, 20]. Nadalje, za nesmetano je odvijanje procesa u svakom od sustava i transparentne rezultate integracija BIM-a i ERP-a neophodna te će se stoga ovim člankom prikazati njezin potencijal. U prvom će se dijelu dati pregled dosadašnjih istraživanja i predloženih modela integracije sustava BIM i ERP. Kroz diskusiju modeli će se analizirati i međusobno usporediti te će se zaključno dati prijedlog budućega rada i njegov očekivani znanstveni doprinos.

## 2 Pregled trenutnih istraživanja

Sustavi ERP spadaju u sisteme integrirane projektne isporuke (eng. Integrated Project Delivery (IPD) Systems) [21] te pridonose koncepciji računalno integrirane izvedbe (eng. Computer Integrated Construction – CIC). CIC je standardni termin koji se rabi za istraživanja računalnih rješenja u domeni građevinarstva [22], a bit je čitave koncepcije integracija podataka, informacija i sudionika projekta [3]. Pritom sustavi CERP pridonose ciljevima CIC-a, što je vidljivo na predloženom modelu integracije (slika 1., lijevo). Povezanost poslovnih procesa te sudionika projekta ostvarena je uporabom jednoga integriranog informacijskog sustava s centraliziranom bazom podataka. Pristup informacijama u takvoj je bazi ograničen u skladu s pozicijom svakog pojedinog sudionika u projektu. Informacije u sustav ulaze samo jednom, čime pokreću procese u projektu te poslovne procese unutar poduzeća svakoga interesnog sudionika [3].

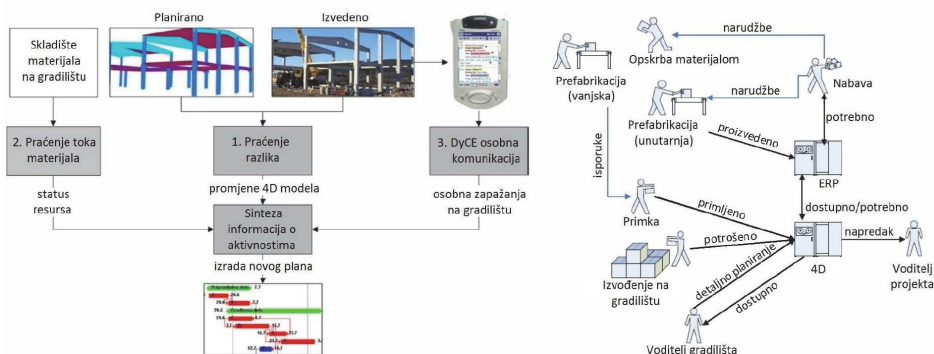


**Slika 1. Doprinos sustava CERP ciljevima CIC-a (lijevo) [prilagođeno prema 3] i model integracije CAD alata, sustava ERP i gradilišta kroz BIM model (desno) [prilagođeno prema 23]**

Autori Čuš-Babič i dr. (2010; 2014) razvijali su sljedeći model koji je usmjeren na integraciju proizvodnje resursa te izvedbe uporabom BIM-a. Vidljivo je (slika 1., de-

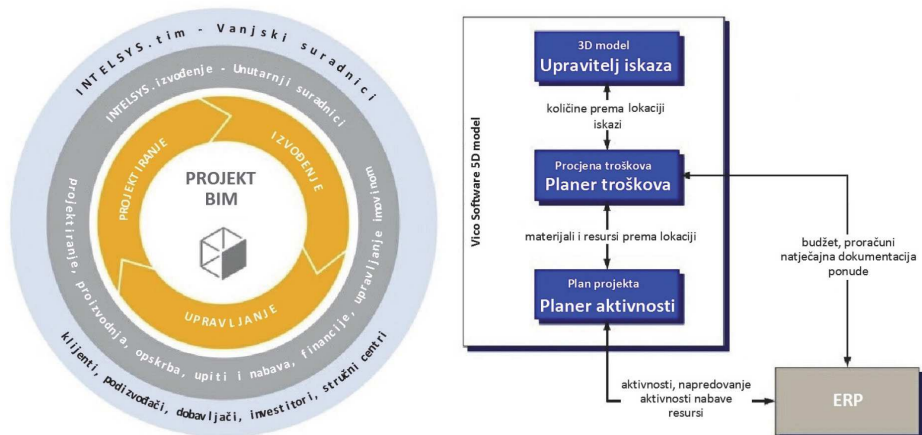
sno) kako se BIM model pomoću CAD alata puni informacijama o projektiranim elementima (pozicija, dimenzije, materijal, ...) te se pomoću aplikacije Microsoft Project svakom 3D objektu pridružuje podatak o njegovu vremenskom izvođenju. Takav model definira procese u sustavu ERP (nabava, proizvodnja, predprodajne aktivnosti, logistika) te na gradilištu (organizacija gradilišta, detaljno planiranje, izvođenje građevinskih radova, praćenje izvršenja projekta, praćenje kretanja materijala na gradilištu). Povratne se informacije o stvarno izvršenim procesima šalju u BIM model te se nakon usporedbe planiranoga i izvršenog stanja, prema potrebi, mijenjaju procesi u svakom od sustava [23, 24].

Nadalje, kako su se dosadašnji sustavi kontrole izvršenja projekta, utemeljeni na indirektnim indikatorima izvršenja aktivnosti (npr. praćenje produktivnost rada, upotrebe opreme, toka materijala, itd.) ili direktnoj procjeni progressa aktivnosti, pokazali kao prilično netransparentni, autori Rebolj i dr. (2008) razvijali su automatizirani sustav praćenja izvršenja projekta utemeljen na 4D BIM modelu. U inicijalnom se modelu (slika 2., lijevo) uporabom triju automatiziranih metoda prikupljaju podaci o izvršenim aktivnostima na gradilištu. Dobiveni se podaci povratno šalju u BIM model, sintetiziraju, provjeravaju i eventualno korigiraju, te se nakon identifikacije realnoga stanja plan prema potrebi revidira. Novi plan postaje početna točka u sljedećem ciklusu kontrole izvršenja projekta, što se ponavlja sve do kraja procesa izvođenja. Fotografiranje stanja na gradilištu te konvertiranje slika u 4D model prva je metoda kojom je omogućena automatska usporedba planiranoga i izvršenog stanja. Druga metoda za prikupljanje podataka utemeljena je na automatskom praćenju toka materijala (slika 2., desno). Proces započinje slanjem informacija o materijalnim potrebama iz 4D BIM modela u sustav ERP, nastavlja se izvršenjem procesa u sustavu ERP te završava praćenjem trenutka dostave i ugradnje materijala na gradilištu. Treća metoda za prikupljanje podataka temelji se na unosu informacija o izvršenim aktivnostima od strane gradilišnog osoblja preko hardverskih alata (eng. *Dynamic Communication Environment – DyCE*) [25].



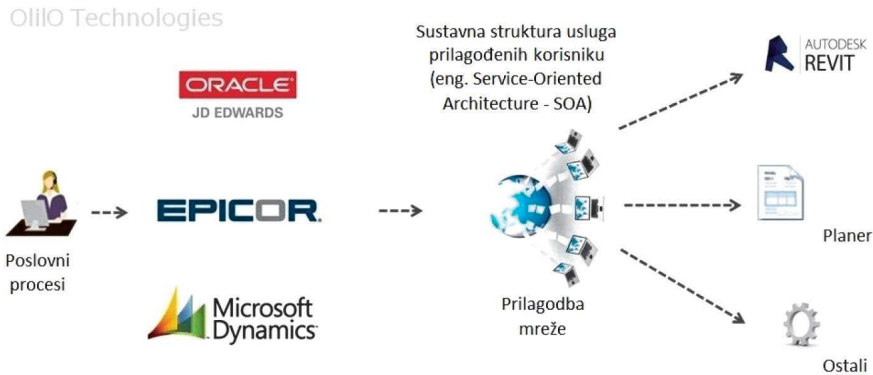
Slika 2. Shema automatiziranoga praćenja izvršenja aktivnosti (lijevo) i model upravljanja lancem opskrbe podržan 4D BIM-om (desno), prilagođeno prema [25]

Holzer (2016) je, kao četvrti razmatrani autor, istraživao povezanost sustava za upravljanje životnim ciklusom proizvoda (eng. Product Lifecycle Management (PLM) sustavi), BIM-a i ERP-a. Sustavi PLM ključni su u fazi projektiranja, kada omogućavaju automatizirano upravljanje promjenama stvarajući ažuriranu i dostupnu bazu podataka o proizvodima, iskazima materijala, specifikaciji proizvoda, inženjerskoj dokumentaciju i dr. [26]. Model integracije proučavao se na studiji slučaja u kojem se protok informacija pokušao ostvariti na način opisan u nastavku. Sustav BIM sustav se rabio za stvaranje baze podataka (3D virtualni objekti s pridruženim atributima) iz koje su se podaci prenosili u PLM sustav. Naknadno je ostvarena integracija sustava PLM i ERP u cilju povezivanja strukture proizvoda i plana proizvodnje [27]. Povrh svega, razvojem specijaliziranih sustava CERP i na tržištu je vidno primijećena drugačija orijentiranost sustava BIM i ERP (projekt, poduzeće) te da je njihova integracija neophodna. 4PS (partner ERP proizvođača Microsoft Dynamics NVD), Metaphorix (dio 4PS grupe) i Vista Viewport ističu kao jednu od karakteristika vlastitoga sustava ERP čitanje BIM modela, odnosno IFC datoteke [28, 29, 30]. INTELSYS daje rješenje povezivanja specifičnih BIM (Revit, Navisworks) i ERP softvera (SAP) (slika 3, lijevo). Unosom Revit familija u SAP omogućen je automatski proračun troškova izvedbe tijekom projektiranja [31], dok integracija SAP-a i Navisworks-a daje sliku budućih procesa nabave i građenja trenutačnoga projekta [32]. U modelu kompanije Vico (slika 3., desno) predviđen je utjecaj informacija u sustavu ERP (planirani budžet poduzeća, natječajna dokumentacija, podloge za procjenu troškova) na stvaranje BIM modela (proračuna količina, procjene troškova, vremenskog planiranja). Dvosmjernom je komunikacijom između navedenih sustava omogućena kontrola i eventualna revizija plana, troškova i planiranih resursa trenutnog projekta te utjecaj na buduće prakse poduzeća [33].



Slika 3. Model integracije prema INTELSYS (lijevo) [prilagođeno prema 34] i prema Vico (desno) [prilagođeno prema 33]

Nadalje, tvrtka OlilO Technologies predlaže model (slika 4.) u kojem se sustav ERP puni rezultatima odvijanja poslovnih procesa, te se stvara centralizirana baza podataka dostupna svim sudionicima. Prilagodnom mreže, informacije se šalju u BIM model i definiraju buduće projekte (projektiranje, planiranje, itd.) [35].



Slika 4. Model integracije prema OlilO Technologies [prilagođeno prema 35]

### 3 Diskusija

Model integracije prema autorima Tatari i dr. (2008) [3] trenutačno nije ostvariv, jer svako poduzeće praćenje poslovanja obavlja u vlastitom sustavu ERP, dok se BIM model formira za potrebe projekta. Kroz jedan informatički sustav integracija poslovanja svih sudionika, praćenje izvršenja projekta te sagledavanje utjecaja na svako pojedino poduzeće teško se može ostvariti. Tome ide u prilog i privremena ovisnost sudionika koja je vezana na specifičan projekt. Pravilna implementacija novih tehnologija u građevinska poduzeća često zahtijeva restrukturiranje poslovanja i njegovu prilagodbu na novi način rada. Navedeno stvara znatan trošak koji može biti koban za poslovanje poduzeća, zbog čega građevinska poduzeća nerijetko pribjegavaju poslovanju u postojećoj okolini [23, 24]. Autori Čuš-Babić i dr. (2010; 2014) stoga predlažu postupnu implementaciju koncepcije BIM-a u postojeću organizaciju (CAD sustav, postojeći sustav ERP, nedovoljna primjena informatičkih sustava na gradilištu). U razvoju modela upotrijebili su BIM u vrlo jednostavnu obliku u kojemu BIM model nije predstavljao glavno mjesto pohrane podataka (tzv. decentralizirani BIM) [23, 24]. U Holzerovu modelu (2016) u kojem je razmatrana integracija sustava PLM, BIM i ERP također nije zamišljena implementacija BIM-a u potpunosti [27]. Štoviše, nedostaci sustava PLM (nedostatak standarda kod razmjene podataka, nedostatak funkcionalnost za integracijske platforme unutar poduzeća, uglavnom sustavi za upravljanje CAD podacima, teška prilagodba dinamičkom okruženju itd. [36]) uzrokovali su zamjenu sustava BIM (Revit) sustavom CAD (Inventor) jer sustav BIM nije dobro funkcionirao s implementiranim sustavom PLM (Valut). Nadalje, analiza



rizika, u odjelima u kojima je izvršena implementacija predloženoga modela, pokazala je da povezanost između sustava BIM i ERP nije ostvarena, jer centralizirana i u potpunosti integrirana baza podataka, u kojoj sva tri sustava funkcioniraju, nije uspostavljena. Predloženi model integracije Rebolj i dr. (2008) nije mogao biti posve implementiran, jer isti zahtijeva visoki stupanj informatizacije poduzeća te primjenu sustava BIM u potpunom obliku. Nadalje, autori ističu problem nepotpunoga definiranja aktivnosti plana te pridruživanja materijalnih resursa (neusklađenost mjernih jedinica u različitim sustavima) koji ima velik utjecaj na izvršenje projekta i mogućnost njegova praćenja [25]. Također, modeli Rebolj i dr. (2008), Holzer (2016) te Čuš-Babič i dr. (2010; 2014) fokusirani su na poduzeća koja se bave proizvodnjom, te su validirani na studijama slučaja u kojima isto poduzeće projektira, proizvodi te montira prefabricirane elemente [23-25, 27]. Navedena ograničenja zahtijevaju detaljnu razradu i testiranje predloženih modela kod njihove primjene u kompleksnijoj okolini npr. izvođačkom poduzeću. Osim toga, autori Ghos i dr. (2011), razvijanjem okvira integracije kompleksnih sustava za potporu poslovanja poduzeća (kroz integraciju sustava BIM i ERP), ističu kako je problem održive integracije takvih sustava u malim i srednjim poduzećima dobio novu dimenziju. Naime, 90 % poduzeća u građevinskoj industriji mala su i srednja poduzeća [1] koja često nisu upoznata s kompleksnim informacijskim sustavima, te im njihova implementacija predstavlja prevelik financijski izazov, ali i opasnost od slabije konkurentnosti. Predlažu sudjelovanje viših upravljačkih tijela poduzeća kod izrade strategije implementacije sustava, no i samog provođenja integracije [21].

Predloženi modeli integracije sustava BIM i ERP od strane softverskih kompanija [28-33, 35] nepotpuni su jer ne ističu koje informacije te u kojem trenutku zahtijevaju prijenos između sustava, već su usmjereni na isticanje prednosti integracije koju nude (npr. projektanti postaju svjesni postojanja zaliha te utjecaja njihovog proračuna na procese nabave, automatizirana procjena troškova na način da se količine i detalji o materijalima povlače iz BIM modela te im se pridružuje odgovarajući trošak iz ERP sustava itd. [35]). Također, analizom se može zaključiti da je na tržištu ponuđena ograničena integracija određena decidiranim sustavima BIM i ERP, što samo potvrđuje nepostojanje standarda integracije.

## 4 Zaključak

U ovom smo radu obrazložili da je problem nedovoljne povezanosti upravljanja projektom i poduzećem primjenom novih tehnologija dobio novu dimenziju. Nadalje, analizom smo postojećih modela integracije sustava BIM i ERP pokazali kako se koncepcija tehnologije BIM-a u većini modela ne primjenjuje u svom punom obliku, već predstavlja centraliziranu bazu podataka i mjesto komunikacije sudionika projekta. Također, vidljivo je kako su trenutačna rješenja integracije projekta i poduzeća vezana na specifične sustava BIM ili ERP, pa se može zaključiti kako standardni pro-



tok informacija kroz sustave još uvijek nije definiran. Prethodnim tekstom mogu se potvrditi izazovi integracije sustava BIM i ERP prema autorima Ghos i dr. (2011): BIM i ERP sustavi trenutačno nisu integrirani te njihovim bazama podataka upravljaju odvojene grupe koje također nisu međusobno integrirane, sustavi i tehnologije koje se primjenjuju s vremenom se mijenjaju, sistemi koji se primjenjuju moraju raditi u promjenjivoj poslovnoj okolini [21].

Stoga će daljnje istraživanje biti usmjereno na modeliranje informatiziranoga komunikacijskog kanala između poduzeća i projekta. Drugim riječima, žarište će budućega rada biti definiranje standardnog tijeka informacija između projektnih funkcija te poslovnih procesa u poduzeću, podržanoga koncepcijom BIM-a. Pritom će se pratiti utjecaj modela na određene varijable projekta i poduzeća koje će budućim istraživanjem biti određene. Zaključno, očekivani je znanstveni doprinos rješavanje problema komunikacije između projekta (gradilišta) i poduzeća podržane aktualnim informatičkim sustavima. Nadalje, prilagođeni će model, specifičnostima vlastitoga poduzeća, građevinska poduzeća moći rabiti kako bi ostvarila poslovanje podržano BIM tehnologijom, što danas mnogima predstavlja veliki izazov.

## Literatura

- [1] Shi, J. J., Halpin, D. W.: Enterprise resource planning for construction business management, *Journal of Construction Engineering and Management*, 129 (2003) 2, pp. 214-221.
- [2] Mêda, P., Sousa, H.: Towards Software Integration in the Construction Industry—ERP and ICIS Case Study, *Proceedings of the CIB W.*, 78 (2012).
- [3] Tatari, O., Castro-Lacouture, D., Skibniewski, M. J.: Performance evaluation of construction enterprise resource planning systems, *Journal of Management in Engineering*, 24 (2008) 4, pp. 198-206
- [4] Projektna okolina, <https://documents.tips/documents/4-projektna-okolina-upravljanje-promjenama.html> (posjećeno 24.08.2017.)
- [5] Global Construction 2030., <http://www.pwc.com/gx/en/industries/engineering-construction/publications/global-construction-2025.html> (posjećeno 23.07.2017.)
- [6] BIM in USA, [https://damassets.autodesk.net/content/dam/autodesk/www/solutions/bim/Business\\_value\\_of\\_BIM\\_2012\\_North\\_America.pdf](https://damassets.autodesk.net/content/dam/autodesk/www/solutions/bim/Business_value_of_BIM_2012_North_America.pdf) (posjećeno 23.07.2017.)
- [7] BIM in China, [https://www.construction.com/market\\_research/bimchina/bimchina.asp](https://www.construction.com/market_research/bimchina/bimchina.asp) (posjećeno 23.07.2017.)
- [8] BIM in India, <https://www.slideshare.net/Be2campadmin/bim-12290094> (posjećeno 23.07.2017.)
- [9] BIM in UK, <https://www.thenbs.com/knowledge/nbs-national-bim-report-2017> (posjećeno 23.07.2017.)

- [10] BIM in Germany, <http://cobuilder.co.uk/bim-in-germany/> (posjećeno 23.07.2017.)
- [11] Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., Liston, K.: BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors. John Wiley & Sons, 2011.
- [12] Kymmell, W.: Building Information Modeling: Planning and Managing Construction Projects with 4D CAD and Simulations, McGraw-Hill, 2008
- [13] Holness, G.: Future Direction of the Design and Construction Industry: Building Information Modelling, ASHARAE Journal, 48 (2006) 8, pp. 38-46
- [14] Salleh, H., Phui Fung, W.: Building Information Modeling application: focus-group discussion, GRAĐEVINAR, 66 (2014) 8, pp. 705-714
- [15] BIM Levels, <https://www.thenbs.com/knowledge/bim-levels-explained> (posjećeno 23.07.2017.)
- [16] Hore, A.V., Scott, L., Wes, R., Tibaut, A.: Benefits of inter-institutional collaboration in the delivery of BIM education in Ireland: Reflections of an Irish masters program, Proceedings of the Academic Interoperability Coalition: 10<sup>th</sup> BIM Academic Symposium, Orlando, Florida, pp.152-164, 2016.
- [17] Vuković, A., Džambas, I., Blažević, D.: Development of ERP Concept and ERP System, Engineering Review, 27 (2007) 2, pp. 37-45.
- [18] Rashid, M.A., Hossain, L., Patrick, J.D.: The evolution of ERP Systems: A historical perspective in Enterprise Resource Planning: Global Opportunities and Challenges, Idea Group Publishing (2002), pp. 1-16.
- [19] Gulliksen, T.: Interoperability between ERP System and Project Planning System, MS thesis, NTNU - Trondheim, Norwegian University of Science and Technology, 2012.
- [20] Santos, E.T.: BIM and ERP: finding similarities on two distinct concepts, 5th CIB W102 Conference: Deconstructing Babel: Sharing Global Construction Knowledge, Rio de Janeiro, 2009.
- [21] Ghosh, S., Negahban, S., Kwak, Y. H., Skibniewski, M. J.: Impact of sustainability on integration and interoperability between BIM and ERP-A governance framework, Technology Management Conference (ITMC), IEEE International, pp. 187-193, 2011
- [22] Boddy, S., Rezgui, Y., Cooper, G., Wetherill, M.: Computer integrated construction: A review and proposals for future direction, Advances in Engineering Software, 38 (2007) 10, pp. 677-687.
- [23] Čuš-Babič, N., Rebolj, D., Nekrep-Perc, M., Podbreznik, P.: Supply-chain transparency within industrialized construction projects, Computers in Industry, 65 (2014) 2, pp. 345-353.

- [24] Čuš-Babič, N., Podbreznik, P., Rebolj, D.: Integrating resource production and construction using BIM, *Automation in Construction*, 19 (2010) 5, pp. 539-543.
- [25] Rebolj, D., Čuš-Babič, N., Magdič, A., Podbreznik, P., Pšunder, M.: Automated construction activity monitoring system, *Advanced engineering informatics*, 22 (2008) 4, pp. 493-503.
- [26] ERP and PLM, <http://www.innofour.com/8733/news/latest/erp-and-plm-defining-the-ir-roles-and-creating-a-collaborative-environment-for-success> (posjećeno 23.07.2017.)
- [27] Holzer, D.: Fostering the link from PLM to ERP via BIM, *IFIP International Conference on Product Lifecycle Management*, Springer, Berlin, Heidelberg, pp. 75-82, 2014.
- [28] 4PS, <https://www.4ps.nl/en/news/4ps-bim-bridge-integrate-bim-with-erp-video-n-143> (posjećeno 23.07.2017.)
- [29] Metaphorix, <http://www.metaphorix.co.uk/bim-and-erp-integration/> (posjećeno 23.07.2017.)
- [30] Vista, <http://blog.capterra.com/comparison-of-5-construction-erp-software-options/> (posjećeno 23.07.2017.)
- [31] Revit and SAP, <http://www.intelsys.eu/solutions/revit-sap-integration/#screenshots> (posjećeno 23.07.2017.)
- [32] Navisworks and SAP, <http://www.intelsys.eu/solutions/navisworks-for-sap/#screenshots> (posjećeno 23.07.2017.)
- [33] Vico, [http://www.vicosoftware.com/blogs/vicos\\_flying\\_dutchman/topic/bim-outputs-feed-erp](http://www.vicosoftware.com/blogs/vicos_flying_dutchman/topic/bim-outputs-feed-erp) (posjećeno 23.07.2017.)
- [34] INTELSYS, <https://i.ytimg.com/vi/bJXFEbM8LFC/maxresdefault.jpg> (posjećeno 23.07.2017.)
- [35] Olilo, [http://www.olilo.ae/revit\\_erp\\_integration.html](http://www.olilo.ae/revit_erp_integration.html) (posjećeno 23.07.2017.)
- [36] Jupp, J. R., Singh, V.: Similar concepts, distinct solutions, common problems: learning from PLM and BIM deployment, *IFIP International Conference on Product Lifecycle Management*, Springer, Berlin, Heidelberg, 2014.