

Primljen / Received: 7.7.2022.

Ispravljen / Corrected: 21.9.2022.

Prihvaćen / Accepted: 10.11.2022.

Dostupno online / Available online: 10.4.2023.

Usvajanje BIM-a za učinkovito upravljanje sučeljem u indijskoj građevinskoj industriji

Autori:



Doc.dr.sc. **Sindhu Vaardini Umaapathy**,
dipl.ing.građ.

Sveučilište Kumaraguru, Indija
Tehnološki fakultet
sindhuvaardini.u.ce@kct.ac.in

Autor za korespondenciju



Izv.prof.dr.sc. **Shanmugapriya Sundarrajan**,
dipl.ing.građ.

Tehnološki institut Coimbatore, Coimbatore,
Indija
shanmugapriya@cit.edu.in

Prethodno priopćenje

Sindhu Vaardini Umaapathy, Shanmugapriya Sundarrajan

Usvajanje BIM-a za učinkovito upravljanje sučeljem u indijskoj građevinskoj industriji

Doprinos građevinarstva razvoju gospodarstva je neizbježan. Informacijsko modeliranje gradnje ili BIM novi je informacijski alat koji podržava upravljanje sučeljem u građevinskim projektima na temelju intelektualne digitalne ilustracije koja pruža maksimalan broj prednosti tijekom trajanja projekata. Države poput Indije nedavno su usvojile BIM alat, ali građevinske tvrtke nisu započele s njegovom primjenom. Stoga su sveobuhvatne i sustavne analize nužne za određivanje čimbenika koji utječu na primjenu BIM-a. U ovom se radu primjenjuje predloženi model koristeći sedam čimbenika značajnosti, točnije, organizacijsku podršku (OS), kvalitetu informacija (IQ), kvalitetu sustava (SQ), kvalitetu usluge (SRQ), korištenje (U), zadovoljstvo korisnika (US) i neto korist (NB), kako bi se analizirao utjecaj tih čimbenika na usvajanje BIM-a. Na temelju razvijenog modela uspješnosti provedena je eksperimentalna analiza te je procijenjena prikladnost modela. Rezultati tog modela pokazuju da kvaliteta sustava ima glavnu ulogu u primjeni BIM-a. Nadalje, provedeno je testiranje hipoteze kako bi se analizirao raspon utjecaja svakog nezavisnog čimbenika u odnosu na zavisne čimbenike.

Ključne riječi:

Building Information Modelling (BIM), upravljanje sučeljem, model uspješnosti informacijskog sustava, zadovoljstvo korisnika (US), neto korist (NB)

Research Paper

Sindhu Vaardini Umaapathy, Shanmugapriya Sundarrajan

BIM Adoption for effective interface management in Indian construction industries

The contribution of the construction industry towards the development of the economy of an economy is inevitable. Building Information Modelling (BIM) is an emerging information tool that supports interface management in construction projects based on intellectual digital illustration that provides a maximum number of benefits throughout the lifecycle of projects. A country like India has recently adopted the BIM tool, but it is not widely adopted by construction companies. Therefore, comprehensive and systematic analyses are essential for determining the factors influencing BIM adoption. In this study, a proposed model is employed using seven significant factors, namely, Organizational support (OS), Information Quality (IQ), System Quality (SQ), Service Quality (SRQ), usage (U), User Satisfaction (US), and Net Benefits (NB), to analyse the influence of these factors on BIM adoption. An experimental analysis was conducted based on the developed success model and the fitness of the model was estimated. The results of this model suggest that system quality plays a major role in BIM usage. Furthermore, a hypothesis test was performed to analyse the impact range of each independent factor over the dependent factors.

Key words:

Building Information Modelling (BIM), interface management, information system success model, user satisfaction (US), net benefits (NB)

1. Uvod

Upravljanje građevinskim projektima uključuje multidisciplinarnu timove koji zahtijevaju odgovarajuću međusobnu komunikaciju i koordinaciju. "Building Information Modelling" (BIM) predstavlja digitalni prikaz fizičkih i funkcionalnih značajki građevine koje su integrirane s pouzdanim informacijama o životnom ciklusu građevine (tj. planiranje, projektiranje, izgradnja, korištenje i održavanje građevina) te ujedno pruža podatke o izvođenju. BIM je najčešći i najvažniji alat za primijenjenu izgradnju temeljenu na arhitekturi, inženjerstvu i gradnji (engl. *Architecture, Engineering, and Construction - AEC*) [1]. Za razvoj velikog broja podataka, građevinski projekti koriste BIM kako bi podržali prijelaz AEC industrije s vizije na realizaciju [2]. Stoga BIM može pomoći u značajnijim primjenama pristupa usmjerenog na korisnika, uključujući prilagodbu i personalizaciju u AEC industriji. Također, BIM može pokazati prednosti kao što su smanjenje troškova, smanjeno trajanje isporuke projekta, povećanje kvalitete, veća produktivnost i pravovremena isporuka [3, 4]. Nadalje, može se upravljati digitalnim prikazom podataka od cjelokupnog vijeka trajanja zgrade do konačne isporuke dionicima. Osim toga, na sličan se način može upravljati međusobno povezanim pravilima, vizualizacijom, planiranjem izgradnje, procjenom troškova, upravljanjem objektima, sudskom praksom, upravljanjem projektom i podrškom za otkrivanje kolizija tijekom cjelokupnog trajanja projekta [5].

Od ranih 2000-ih BIM se koristi u mnogim zemljama i različiti su instituti pokušali analizirati status usvajanja BIM-a. Također, nekoliko je istraživanja provedeno kako bi se utvrdili čimbenici koji potiču usvajanje BIM-a u građevinskim industrijama različitih zemalja. Hall *i sur.* [6] analizirali su prepreku za usvajanje BIM-a u malim i srednjim poduzećima (SME) na Novom Zelandu i otkrili da interoperabilnost između računalnih platformi, nepostojanje vladinog naloga za korištenje BIM-a na razini projekta, visoki troškovi računalnih programa i nedostatak potražnje klijenata za usvajanjem BIM-a predstavljaju značajne prepreke njegovom usvajanju. Rakib *i sur.* [7] utvrdili su da su BIM edukacija za postojeće stručnjake koji ne koriste BIM, učinkovitost BIM računalnih programa i cijena najveći čimbenici koji utječu na usvajanje BIM-a u svim fazama građevinskih projekata u Bangladešu. Nasila i Cloete [8] proučavali su čimbenike koji utječu na usvajanje BIM-a u građevinskoj industriji Kenije i naveli da su veliki troškovi kupnje i ažuriranja računalnih programa glavna prepreka za usvajanje BIM-a u građevinskim projektima. Hatem *i sur.* [9] navode da su nedostatak vladine inicijative, otpor promjenama i slabo poznavanje prednosti BIM-a primarne prepreke za usvajanje BIM-a u građevinskim projektima u Iranu. Wu *i sur.* [10] navode da su čimbenici povezani s kapitalom i nedostatak podrške vlasnika glavne prepreke za implementaciju BIM-a u građevinskim projektima u Kini. Ahuja *i sur.* [11] objasnili su status usvajanja BIM-a u indijskoj građevinskoj industriji koristeći društveni konstrukt na više razina. Međutim, ova studija [11] ne navodi prepreke za usvajanje BIM-a. Ahuja *i sur.* [12] proučavali su čimbenike koji utječu na usvajanje BIM-a

među indijskim građevinskim tvrtkama. Hire *i sur.* [13] navode su da su nepostojanje znanja o prednostima BIM-a, oklijevanje da se nauči proces i promjena u odnosu na konvencionalne tehnike, nepostojanje nacionalnog pokretača za usvajanje BIM-a, razlike u spremnosti za korištenje BIM-a među projektnim timovima i kupnja računalnih programa značajne prepreke u indijskoj građevinskoj industriji u pogledu njegove primjene. Kolarić *i sur.* [14] analizirali su primjenu BIM-a u hrvatskoj građevinskoj industriji i naveli da su visoka cijena računalnih programa i hardvera, nedostatak konzultantske pomoći i neadekvatno znanje BIM-a građevinskih inženjera prepreke za njegovo usvajanje. Postojeća literatura o usvajanju BIM-a vrlo je opsežna; međutim, još uvijek postoje neki nedostaci. Iz prošlih studija vidljivo je da su analizirale prepreke usvajanja BIM-a s određenoga gledišta. Iako je BIM davno predstavljen, njegova popularizacija nije dovoljna u zemljama u razvoju poput Indije. Isto tako, nedostaje sveobuhvatno istraživanje o preprekama usvajanju BIM-a u indijskoj građevinskoj industriji. U posljednje se vrijeme indijska građevinska industrija suočava s raznim poteškoćama. Nedostatak smjernica i niska iskorištenost tehnologije neki su od nedostataka, kako ih je opisala Planska komisija Indije. Indijski građevinski sektor suočen je s brojnim problemima, uključujući prekoračenje rokova, prekoračenje troškova, nesporazum među dionicima i nedostatak vještina. Općenito, projektiranje u građevinskom sektoru ovisilo je o 2D crtanju. Zbog složenosti projektiranja, izvođenja i održavanja, ta zastarjela tehnika više nije održiva. Projekti se često suočavaju s kontradiktornim odnosom, visokom stopom neučinkovitosti i niskom stopom produktivnosti što rezultira povećanim troškovima i prekoračenjem rokova. Očekuje se da će BIM poboljšati uvjete za bolju realizaciju projekta. Unatoč potencijalnim prednostima BIM-a, stopa njegove implementacije bila je smanjena zbog raznih prepreka. Stoga je provedena sveobuhvatna i sustavna analiza kako bi se utvrdili čimbenici koji utječu na usvajanje BIM-a u indijskoj građevinskoj industriji. Također, razvijen je model prikladnosti kako bi se otkrio utjecaj različitih čimbenika na usvajanje BIM alata za bolje upravljanje sučeljem. U ovom se radu analiziraju OS, SQ, IQ, SRQ i U parametri i uspoređuju s US i NB parametrima. Zatim se analiziraju razne prednosti BIM-a u građevinskim projektima uz pomoć modela prikladnosti postizanjem različitih metrika kao što su indeks podudaranja (engl. *goodness-of-fit index - GFI*), normirani indeks podudaranja (*Normed Fit Index - NFI*), prilagođeni indeks podudaranja (engl. *Adjusted Goodness of Fit Index - AGFI*), korijen srednje kvadratne pogreške aproksimacije (engl. *Root Mean Square Error of Approximation - RMSEA*) i korijen srednjeg kvadratnog preostatka (engl. *Root Mean Square of Residuals - RMSR*). Nadalje, provode se analize uspješnosti usvajanja BIM alata u građevinarstvu.

Upravljanje građevinskim projektima postalo je složenije i opsežnije zahvaljujući napretku tehnologije, kulture rada i poslovanja. Projekti se povjeravaju brojnim stranama s različitim podrijetlom i kulturom rada. Svaka strana odgovorna je za razvoj jedne ili više projektnih komponenti ili sustava.

Iako su ti sustavi i komponente razvijeni neovisno, mnogi dijele standardno sučelje. Stoga je nužna pravilna integracija. Loše upravljanje sučeljem dovodi do nekoliko problema u interakciji sučelja, kao što su problemi povezani s koordinacijom, pogreškama u projektiranju, neuspjehom sustava i drugi sukobi između građevinskih profesija. Upravljanje sučeljem inspiracija je za organiziranje sveobuhvatnog projekta kroz različite točke sučelja, čime se upravlja svim odgovornostima, komunikacijom i koordinacijom projekta. Lin Yu-Cheng [15] je analizom studije slučaja identificirao primjenu BIM pristupa za jačanje upravljanja građevinskim sučeljem. Cilj je ovog rada pratiti događaje i upravljati njima na sučelju pomoću 3D mapa sučelja integriranih u BIM. Osim toga, sustav upravljanja sučeljem temeljen na BIM-u za inženjere potiče razmjenu informacija o sučelju i praćenje učinkovitosti u građevinskim projektima. Rezultati pokazuju da je predloženi Con BIM-IM sustav učinkovita i prilagođena platforma za upravljanje građevinskim sučeljima, koja korisnicima služi za virtualno praćenje građevinskih sučelja i upravljanje njima.

2. Materijal i metodologija

2.1. Model uspješnosti informacijskog sustava

Model uspješnosti informacijskog sustava (engl. Information System Success Model - ISS model) pristup je informacijskom sustavu koji objašnjava detalje različitih karakteristika raznovrsnih čimbenika uspjeha uz pomoć evaluacije informacijskog sustava. McLean i DeLone [16] razvili su ovu metodu 1992. godine. Sustav povratnih informacija postupno su poboljšavali razni istraživači. ISS model primijenjen je u nekoliko znanstvenih radova za provedbu suvremenih analiza. Naime, 2003. godine autori McLean i William DeLone izmijenili su svoj stari model i formilirali poboljšani ISS model koji se fokusirao na kvalitetu usluge, kvalitetu informacija i zadovoljstvo korisnika.

2.1.1. Organizacijska podrška

Organizacijska podrška odnosi se na podršku građevinske industrije za korištenje BIM alata. Shang i Shen [17] predstavili su novonastalu informacijsku i komunikacijsku tehnologiju (ICT) koja poboljšava suradnju u različitim projektnim proširenjima u BIM-u. Autori su opisali razvoj postignuća BIM-a sa stajališta tehničke i organizacijske podrške, procesa i pravnih ciljeva, te identificirali ključne čimbenike uspjeha (engl. *critical success factors* - CSF) BIM-a na temelju nedavnih izdanja. Ruoyu i sur. [18] predstavili su scenarij implementacije BIM-a u razvijenim zemljama i drugim zemljama u razvoju kao globalni pokret. Istraživanje je odabralo 94 kineska stručnjaka za BIM kako bi ispitali praksu korištenja BIM-a i s njom povezane koncepte za provođenje ankete koristeći upitnik. Pogreške u projektiranju i posljedična restauracija konstrukcije smatraju se najboljim prednostima korištenja BIM-a. Beliz i Karahan [19] istražili su ključne čimbenike uspjeha implementacije BIM-a, identificirali

16 čimbenika u pet kategorija i analizirali implementaciju BIM-a na temelju karakteristika projekta.

2.1.2. Kvaliteta informacija

Kvaliteta informacija (IQ) odnosi se na status informacija, točnije mogućnost sustava da rezervira, uređuje i generira informacije. Procijenjen pomoću informacijskih sustava, IQ je jedna od krajnjih zajedničkih dimenzija. IQ svojim oblikom i mogućnošću prilagodbe sustava utječe na zadovoljstvo korisnika. Davis [20] navodi da informacijska tehnologija objašnjava percipirane prednosti, percipiranu udobnost prakse i prihvaćanje od strane korisnika. Studija je predložila i potvrdila nove ljestvice za dvije specifične varijable: percipiranu korisnost, percipiranu jednostavnost upotrebe i odobravanje korisnika. Magid i sur. [21] razvili su integrirani konceptualni model primjenjujući pristup temeljen na mikroročunalu. Pomoću modela prihvaćanja tehnologije ispitali su utjecaj vanjskih čimbenika na prihvaćanje tehnologije mikroročunala od strane korisnika. Zuppa i sur. [22] objasnili su nedostatke mnogih rješenja u građevinskoj industriji i predložili BIM. Ovaj rad predlaže opširniju definiciju BIM-a kroz anketu stručnjaka AEC industrije identificirajući percipirani učinak BIM-a na uspjeh građevinskih projekata. BIM se u rezultatima istraživanja rada AEC industrije kontinuirano percipirao kao alat za smanjenje pogrešaka i povećanje produktivnosti, sigurnosti, količina, kvalitete i troškova građevinskih projekata. Papadonikolaki [23] istraživala je povezanost BIM-a s internim i posrednim organizacijskim uvjetima primjene BIM-a. Na temelju ove studije može se provesti međukulturalno uzorkovanje slučajeva, što povećava globalnu popularnost BIM pristupa. Treba napomenuti da se funkcionalnost BIM-a kontinuirano mijenja.

2.1.3. Kvaliteta sustava

U informacijskom sustavu, uz kvalitetu informacija, jedna od najčešće ocjenjivanih stavki je ukupna kvaliteta organizacije. Kvaliteta sustava neizravno utječe na to u kojoj mjeri sustav može pružiti koristi kroz međudnose, namjere i strukturu zadovoljstva korisnika. Ovaj rad predlaže razvoj CSF-ova za usvajanje BIM-a koji se potom mogu dodatno razvijati u AEC industriji. Seongah i sur. [24] naveli su povoljne uvjete za sudionike AEC industrije u Koreji procjenom BIM-a. Učinkovita strategija usvajanja BIM-a razvijena je prikupljanjem stvarnih namjera korisnika BIM-a za ključne projekte u korejskom AEC-u. AEC tvrtke diljem svijeta još uvijek razvijaju BIM kako bi povećale konkurentnost. Tsai i sur. [25] predstavili su metodu razvoja CSF-ova za procjenu usvajanja BIM-a.

2.1.4. Kvaliteta usluge

Uz kvalitetu informacija i sustava, informacijski sustavi mogu ponuditi i kvalitetu usluge. Na ciljeve primjene i zadovoljstvo korisnika sa sustavom izravno utječe kvaliteta usluge, koja

utječe na neto korist sustava. Jiule i sur. [26] prikazali su na koji način kvaliteta informacija, kvaliteta sustava i vanjske usluge utječu na zadovoljstvo korisnika BIM-om. Istraživali su utjecaj ovih čimbenika na usvajanje BIM-a. Glavni doprinos ovom radu dali su kvaliteta informacija, podrška uprave i vanjske usluge koje imaju sugestivni utjecaj na zadovoljstvo korisnika BIM-om. Mazri i sur. [27] klasificirali su CSF-ove korištenja BIM-a u četiri kategorije: tehnologiju, organizaciju, proces i zakon. Kategorija "tehnologija" navodi čimbenike koji uključuju izradu računalnih programa i usluga te različite modele zaštite informacija i podataka.

2.1.5. Zadovoljstvo korisnika

Informacijski sustavi izravno su povezani s neto koristima od zadovoljstva korisnika. Zadovoljstvo korisnika označava stupanj zadovoljstva korisnika informacijskim sustavom, a primjenom sustava on se odmah izračunava. Predloženo je modeliranje strukturnih jednadžbi (engl. *Structural Equation Modelling* - SEM) s modelom prihvaćanja BIM-a. Roky i Meriouh [28] formilirali su korisnički ocijenjeni industrijski informacijski sustav (XPPS) za uspjeh IS-a ovisno o modelu McLeana i DeLonea. Taj su model testirali kvantitativnom analizom koristeći podatke prikupljene u upitniku, slijedeći hipotetsko-deduktivnu metodu. Njihovo je istraživanje otkrilo da je broj odgovora bio nizak, tj. da je stopa odgovora bila manja od 30 %, a za uspjeh XPPS-a bila je potrebna dodatna evaluacija. Seulki i sur. [29] predstavili su prihvaćanje BIM-a u građevinarstvu, pri čemu su prikupljeni odgovori na 114 pitanja. Skriveno značenje hipoteza koje nisu značajne mora se istražiti identificiranjem potfaktora hipoteza i odnosa potfaktora.

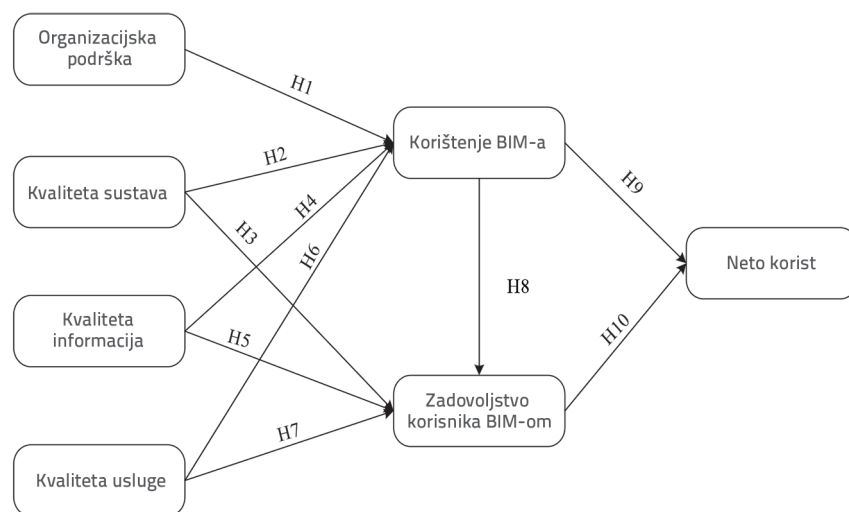
2.1.6. Neto korist

Neto korist informacijskog sustava odražava se pruženim vrijednostima tehnologije njegovim korisnicima ili tvrtki. Neto koristi sustava provjerene su njegovom upotrebom i zadovoljstvom korisnika sa sustavom u ISS modelu uspješnosti. Prednosti sustava odnose se na zadovoljstvo korisnika i njegovu primjenu od strane korisnika. Liao i Teo [30] analizirali su usvajanje BIM-a u građevinskim projektima u Singapuru te su analizirani njihovi CSF-ovi. Glavni cilj ovog istraživanja je identificirati implementaciju BIM-a identificiranjem ključnih čimbenika uspješnosti i istraživanjem odnosa između važnih elemenata uspješnosti. Na temelju aktivnosti specifične za istraživanje za poboljšanja implementacije BIM-a, potrebno je identificirati dokaze za PLS-SEM analizu, CSF grupiranje i tim za upravljanje projektom. Memon i sur.

[31] predstavili su novu metodu za BIM pristup kod primjene u projektiranju građevina. Naveli su da BIM pruža sve važne informacije za bilo koji projekt prije nego što se on izgradi i digitalno oblikuje. Otkrivena je niska vrijednost BIM procesa u građevinskoj industriji. Primjene BIM-a uključuju točnije količine, koordinaciju crtanja, kontrolu vremena, smanjenje troškova i detaljan prikaz modela. Ograničenja BIM-a uključuju poboljšanu suradnju, koja zahtijeva koordinirano crtanje i interoperabilnost. Khosrowshahi i Arayici [32] predstavili su implementaciju BIM-a za izradu plana razvoja građevinske industrije Ujedinjenog Kraljevstva. Nisu uspjeli spriječiti ili usporiti porast razine zrelosti primjene što je s druge strane zahtijevalo prilagodbu njihovog rada.

2.1.7. Korištenje

Svrhazakoju se informacijski sustav koristi i korištenje postojećeg sustava dobro su definirane stavke u literaturi o informacijskim sustavima. Na korištenje sustava i namjeru korištenja u ISS modelu utječu informacije, organizacija i kvaliteta usluge. Cilj je primjene sustava ima za cilj utjecati na zadovoljstvo korisnika informacijskim sustavom i njihove namjere korištenja. Zajedno sa zadovoljstvom korisnika, primjena sustava izravno utječe na pružene neto koristi. Zhikun i sur. [33] sugerirali su da je usvajanje načina isporuke projekta od strane arhitekata ključni čimbenik kineskog ispitivanja, pri čemu se daje veća pozornost BIM-u jer pruža pregled različitih faza trajanja građevine. Ovo uvelike pojednostavljuje implementaciju BIM-a. Glavni je cilj ovog rada taj da projektant razmotri mehanizam usvajanja BIM-a. Grupa je izjavila da je neuspjeh njihovog rada uzrokovan vremenom i ograničenjem resursa jer je samo jedan AEC arhitekt odabran kao sudionik istraživanja. Wang i Chien [34] predstavili su planiranje projekata uz pomoć BIM-a u australskoj građevinskoj industriji. BIM se također često primjenjuje za otkrivanje najčešćih svrha korištenja BIM alata za simulacije, vizualizacije i praćenje napretka. Lako je stvarati i upravljati BIM modelima zahvaljujući jeftinijim i kvalitetnijim softverima.

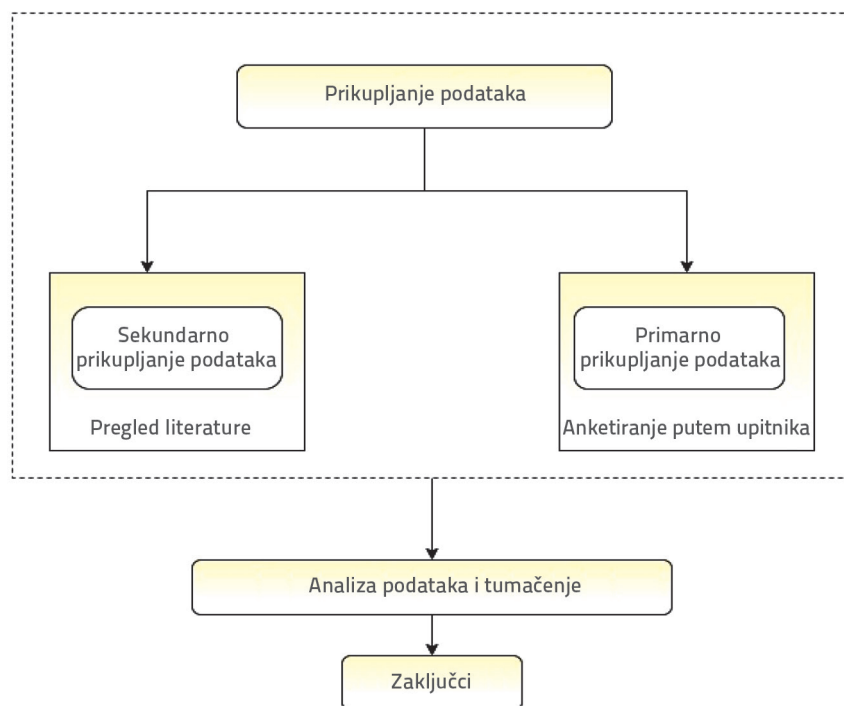


Slika 1. Dijagram hipoteze predloženog strukturnog modela

Poboljšano upravljanje, poboljšanje interoperabilnosti i laka interakcija s korisnikom ključni su za poboljšanje učinkovitosti planiranja i raspoređivanja uporabom BIM alata. Ireneusz i Pękala [35] usporedili su tradicionalno projektiranje s projektiranjem uz pomoć naprednih informacijskih alata za građevinarstvo. Objasnili su povijest projektiranja i razvoj građevinarstva. Model je razvijen na temelju ažuriranog ISS modela DeLonea i McLeana [16]. Međutim, predloženi okvir ovisi o organizacijskoj podršci, kvaliteti usluge, kvaliteti sustava, kvaliteti informacija, zadovoljstvu korisnika, primjeni i neto koristi BIM-a. Na temelju studije autora Jiule i sur. [26], uloga organizacije i njezina potpora ima važnu ulogu u korištenju BIM-a. Stoga je organizacijska potpora uključena u model kako bi se identificirao utjecaj OS-a na korištenje BIM-a. Konceptualni okvir čimbenika koji utječu na zadovoljstvo korisnika BIM-a i neto koristi prikazan je na slici 1.

2.2. Metodologija

Slika 2. prikazuje metodologiju primijenjenu u ovom radu. Podaci su prikupljeni primarnim i sekundarnim metodama prikupljanja podataka. Anketa temeljena na upitniku služila je za prikupljanje primarnih podataka, a upitnik je razvijen koristeći objavljene istraživačke članke poput onih koje su napisali Rouibah i sur. [36], Memon i sur. [37], Mom i sur. [38], Lee i sur. [39], Seongah i sur. [24], Liao i sur. [40], i Ozorhon i Karahan [41] kao sekundarne podatke. Prvo je pripremljen početni upitnik na temelju čimbenika kao što su organizacijska podrška (engl. *Organizational Support* - OS), kvaliteta sustava (engl. *System Quality* - SQ), kvaliteta informacija (engl. *Information Quality* - IQ), kvaliteta usluge (engl. *Service Quality* - SRQ), korištenje BIM-a (engl. *BIM usage* - U), zadovoljstvo korisnika BIM-a (engl. *BIM User Satisfaction* - US) i neto korist (engl. *Net Benefit* - NB) BIM alata. Prikupljeni upitnici ušli su u uži izbor i stavljeni na listu za analizu učinkovitosti BIM alata. Ovaj obrazac sadrži četiri kategorije s obzirom na godine iskustva: 1–3, 3–5, 5–10 i više od deset godina. Ispitanici su uključivali investitore, izvođače, savjetnike, arhitekte i druge osobe. Projekti isporučeni u BIM okruženju kategorizirani su kao stambene zgrade, industrijske zgrade, ceste i mostovi i ostale građevine. Broj projekata koji su koristili BIM alate klasificiran je kao manji od 10, 10–25, 26–50 i veći od 50. Odabir BIM alata temeljio se na tržišnom pritisku, budućim zahtjevima, interesu investitora i ostvarivanju stvarnih koristi. Ovaj obrazac je podijeljen sa sudionicima različitih profesija unutar građevinske industrije na temelju



Slika 2. Metodologija

pojedinačnih posjeta, a format Google obrasca podijeljen je putem e-pošte kako bi se prikupili njihovi odgovori. Pojedinačni posjeti primjenjivali su se na tri organizacije: Studio Parametric, L&T i SPCL. Te tri organizacije uglavnom koriste BIM 360, Revit i Navisworks kao BIM alate za isporuku projekta.

Tablica 1. Hipoteza istraživanja

Hipoteza	Definicija
H1	Organizacijska podrška pozitivno će utjecati na korištenje BIM-a
H2	Kvaliteta sustava pozitivno će utjecati na korištenje BIM-a
H3	Kvaliteta sustava pozitivno će utjecati na zadovoljstvo korisnika BIM-a
H4	Kvaliteta informacija pozitivno će utjecati na korištenje BIM-a
H5	Kvaliteta informacija pozitivno će utjecati na zadovoljstvo korisnika BIM-a
H6	Kvaliteta usluge pozitivno će utjecati na korištenje BIM-a
H7	Kvaliteta usluge pozitivno će utjecati na zadovoljstvo korisnika BIM-a
H8	Korištenje BIM-a pozitivno će utjecati na zadovoljstvo korisnika BIM-a
H9	Korištenje BIM-a pozitivno će utjecati na neto korist
H10	Zadovoljstvo korisnika BIM-a pozitivno će utjecati na neto korist

36 građevinskih tvrtki odgovorilo je ispunjavanjem Google obrasca. Te građevinske tvrtke koriste BIM alate kao što su Revit, Navisworks, sp3D, Modelling, Sketchup, Review, Virtual i Augmented reality, BIM 360, ArchiCAD i Tekla. Pristiglo je ukupno 257 odgovora od pojedinačnih posjeta i Google obrazaca. Od tih 257 odgovora, 88 (34 %) bilo je prikupljeno pojedinačnim posjetima, a 169 (66 %) bilo je prikupljeno Google obrascem. ANOVA je korištena za analizu odstupanja između različitih varijabli. U programu ANOVA, QS, SQ, IQ, SRQ i BIM U bile su nezavisne varijable, a BIM US i NB bile su zavisne varijable. Istraživane hipoteze prikazane su u tablici 1. Analiza ispitanika prikazana je u tablici 2.

Tablica 2. Analiza ispitanika

Varijabla	Kategorija	Ukupan broj	Postotak
Uloga	Ugovaratelj	188	73,2
	Savjetnik	24	9,3
	Arhitekt savjetnik	19	7,4
	Arhitekt	13	5,1
	Ostali	13	5,1
Iskustvo	1-3	38	14,8
	3-5	61	23,7
	5-10	99	38,5
	više od 10	59	23,0

2.2.1. Mjerenja

Ovdje se objašnjavaju mjerenja dobivena analizom upitnika i ljestvicu svakog faktora. Ovdje su čimbenici kao što su OS, SQ, IQ, SRQ, U, US i NB procijenjeni pomoću pokazatelja s pet stupnjeva ljestvice: uopće se ne slažem, ne slažem se, neutralno, slažem se i potpuno se slažem. Čimbenici kao što su OS, SQ, IQ, SRQ, U, US i NB sadrže jedan do pet podčimbenika koji se označavaju kao OS1–4, SQ1–4 i tako dalje. Čimbenik OS razvijen je na temelju postojećeg povezanog rada Shanga i Shena [17] i Rouyu i sur. [18] Čimbenik SQ razvili su Seongah i sur. [24], a povezani rad autora Davisa i sur. [20] bio je od pomoći u stvaranju čimbenika IQ. Slično tome, Jiule i sur. [26] te Wang i Chien [34] razvili su SRQ i BIM (U) elemente. Zadovoljstvo korisnika BIM-a dobiveno je istraživanjem Seulki i sur. [29]. Konačno, čimbenik NB preuzet je iz povezanog rada autora Liaoa i Tea [30], a formirani čimbenici su promijenjeni kako bi bili primjenjivi na području usvajanja BIM-a. Sedam čimbenika ispitano je prema pragu od 0,4, a element koji se kvalificirao prema zahtjevu opterećenja također je ispitan korištenjem podataka iz 257 valjanih odgovora na upitnik.

3. Rezultati i rasprava

3.1. Analiza podataka i rezultati

Proces analize podataka proveden je na temelju modeliranja strukturnih jednadžbi uz pomoć AMOS-a. Ne postoji pretpostavka

o distribuciji podataka i maloj veličini uzorka, a procjena i testiranje hipoteza izvode se korištenjem SPSS-AMOS-a. Za proces analize podataka korišteno je ukupno 257 valjanih odgovora na upitnik prikupljenih pojedinačnim posjetima i Google obrascima.

Analiza primjerenosti strukturnog modela

Čimbenici korišteni za predloženi rad formirani su kao potvrdna faktorska analiza uz pomoć SPSS-AMOS-a i potvrdili su primjerenost strukturnog modela. Ovdje se integritet primjerenosti modela potvrđuje pomoću sedam standardnih mjera primjerenosti modela: indeks podudaranja (engl. *goodness-of-fit index* - GFI), stupnjevi slobode (engl. *degrees of freedom* - *df*), prilagođeni indeks podudaranja (engl. *adjusted goodness-of-fit index* - AGFI), usporedni indeks podudaranja (engl. *comparative fit index* - CFI), normirani indeks podudaranja (engl. *normalised fit index* - NFI), korijen srednje kvadratne pogreške aproksimacije (engl. *root mean square error of approximation* - RMSEA) i korijen srednjeg kvadratnog preostatka (engl. *root mean square residual* - RMSR). Preporučene vrijednosti za te mjere primjerene modelu i dobivene vrijednosti primjerene modelu navedene su u tablici 3.

Tablica 3. Vrijednosti strukturnog modela primjerene modelu

Mjere primjerene modelu	Preporučene vrijednosti	Strukturni model
χ^2/df	$\leq 3,00$	1,224
GFI	$\geq 0,90$	0,906
AGFI	$\geq 0,80$	0,872
NFI	$\geq 0,90$	0,774
CFI	$\geq 0,90$	0,946
RMSR	$\leq 0,10$	0,036
RMSEA	$\leq 0,08$	0,03

Rezultati dobiveni za mjere primjerenosti modelu strukturnog modela postigli su preporučene vrijednosti, osim vrijednosti NFI. Preporučena vrijednost za NFI mora biti veća od 0,9, a dobivena vrijednost je 0,774. Međutim, strukturni model bio je primjeren jer su druge mjere primjerenosti modela postigle svoje preporučene vrijednosti.

Konvergentna valjanost

Konvergentna valjanost provedena je određivanjem vrijednosti kompozitne pouzdanosti (engl. *composite reliability* - CR) i faktorskog opterećenja. Vrijednost kompozitne pouzdanosti za konvergentnu valjanost mora biti iznad 0,7, a prosječna ekstrahirana varijancija (engl. *average variance extracted* - AVE) mora biti iznad 0,5. Dobivena faktorska opterećenja, kompozitne pouzdanosti i t-vrijednosti navedeni su u tablici 4. Dobivene CR vrijednosti prikazane su između 0,72 i 1,08, što dokazuje da model ima dobru konvergentnu valjanost. Slično tome, AVE vrijednosti su između 0,3 do 1,17, a faktor OS je ispod 0,5 u AVE.

Tablica 4. Konvergentna valjanost svakog podatka i stavke

Konstrukt i stavka	Faktorsko opterećenje	T-vrijednost	Kompozitna pouzdanost (CR)	Ekstrahirana prosječna varijancija (AVE)
Organizacijska podrška			0,72	0,30
OS1	0,427	69,019		
OS2	0,356	76,484		
OS3	0,305	82,684		
OS4	0,290	72,291		
Kvaliteta sustava			0,99	0,97
SQ1	0,447	85,374		
SQ2	0,230	63,361		
SQ3	0,110	53,678		
SQ4	0,443	91,802		
Kvaliteta informacija			0,97	0,87
IQ1	0,549	77,328		
IQ2	0,591	88,291		
IQ3	0,484	91,518		
IQ4	0,496	84,308		
Kvaliteta usluge			0,95	0,84
SRQ1	0,515	76,816		
SRQ2	0,336	87,208		
SRQ3	0,414	87,174		
SRQ4	0,365	83,818		
Korištenje BIM-a			1,01	1,03
U1	0,475	88,248		
U2	0,395	79,621		
U3	0,288	80,980		
U4	0,492	84,198		
Zadovoljstvo korisnika			1,08	1,17
US1	0,548	80,952		
US2	0,478	85,271		
US3	0,572	89,937		
US4	0,463	86,431		
Neto korist			1	1
NB1	0,490	81,970		
NB2	0,538	86,781		
NB3	0,505	91,871		
NB4	0,463	92,686		
NB5	0,375	89,085		

Diskriminacijska valjanost

Diskriminacijska valjanost latentnih podataka ispituje se istraživanjem vrijednosti unakrsnog opterećenja prikazanih u tablici 5., a korelacije konstrukata uspoređuju se u tablici 6. U tablici 5., zavisne konstruktivne varijable US-4 i NB5 imaju najveće srednje vrijednosti, te je vidljivo da ispitanici

prihvaćaju zadovoljstvo korisnika (US4). Slično tome, nezavisna konstruktivna varijabla OS3 ima najveću srednju vrijednost koja pripisuje potrebnu organizacijsku podršku [17, 23].

IQ3 ima najveću srednju vrijednost, što upućuje na potrebu za informacijskom kvalitetom podataka.

Tablica 5. Unakrsno opterećenje

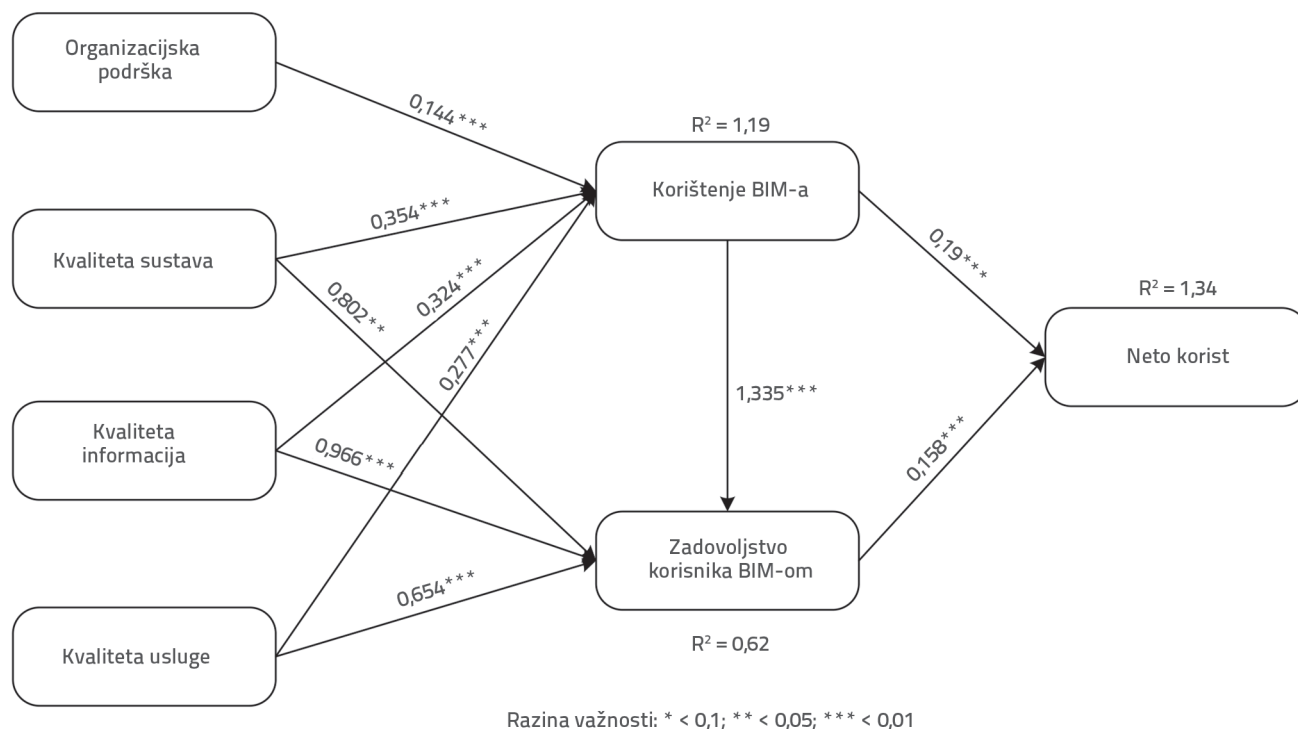
Kod	OS	SQ	IQ	SRQ	U	SAD	NB	Aritmetička sredina	Standardna devijacija
OS1	0,26	-0,002	0,023	0,009	-0,014	0,01	0,026	3,83	0,89
OS2	0,176	-0,018	0,025	0,006	-0,01	0,011	0,014	3,88	0,81
OS3	0,089	-0,007	0,001	-0,014	-0,01	0	0,003	4,09	0,79
OS4	0,212	0,015	0,023	0,005	0,003	0,013	0,021	3,90	0,86
SQ1	-0,006	-0,029	0,026	0,128	-0,06	0,031	0,055	3,91	0,73
SQ2	0,087	0,014	-0,011	0,039	-0,021	0,003	0,011	3,86	0,98
SQ3	-0,035	0,002	0,008	0,016	0,01	0,002	0,006	3,58	1,07
SQ4	0,041	0,055	0,047	0,266	-0,073	0,083	0,065	3,98	0,70
IQ1	0,076	0,016	0,12	0,016	0,108	0,014	0,059	3,93	0,81
IQ2	0,055	0,02	0,136	0,017	0,127	0,019	0,064	3,96	0,72
IQ3	-0,041	0,005	0,046	-0,057	0,081	-0,013	0,009	4,07	0,71
IQ4	-0,021	0,048	0,073	0,001	0,101	0,014	0,01	4,01	0,76
SRQ1	-0,022	0,133	0,006	0,074	0,028	0,022	0,036	3,82	0,80
SRQ2	-0,006	0,096	0,029	0,056	0,042	0,018	0,033	3,93	0,72
SRQ3	-0,011	0,096	0,003	0,052	0,019	0,013	0,026	3,99	0,73
SRQ4	-0,011	0,054	0,012	0,006	0,032	-0,022	0,017	3,99	0,76
U1	-0,02	-0,074	0,091	0,058	-0,034	0,04	0,068	3,89	0,71
U2	-0,009	-0,068	0,079	0,043	-0,033	0,035	0,058	3,88	0,78
U3	0	-0,04	0,049	0,035	-0,022	0,022	0,039	4,07	0,80
U4	0,003	-0,05	0,064	0,05	-0,029	0,03	0,052	3,96	0,75
US1	0,041	0,137	0,096	0,116	0,137	0,093	-0,107	3,92	0,78
US2	0,005	0,02	0,009	0,003	0,024	0,068	0,092	3,97	0,75
US3	0,011	0,041	0,023	0,01	0,052	0,155	0,147	4,07	0,73
US4	0,005	0,023	0,011	0,008	0,025	0,053	0,065	4,14	0,77
NB1	0,006	0,02	0,016	0,002	0,03	0,124	0,045	4,03	0,79
NB2	0,015	0,048	0,036	0,029	0,056	0,125	0,001	3,99	0,74
NB3	0,014	0,047	0,035	0,028	0,055	0,123	0,001	4,09	0,71
NB4	0,015	0,051	0,038	0,031	0,06	0,133	0,001	4,10	0,71
NB5	0,017	0,042	0,035	0,027	0,055	0,145	0,024	4,12	0,74

Tablica 6. Korelacija svakog podatka

Konstrukt	OS	SQ	IQ	SRQ	U	SAD	NB
OS	1						
SQ	0,377	1					
IQ	0,504	0,825	1				
SRQ	0,332	1,371	0,792	1			
U	0,458	0,659	1,15	0,98	1		
SAD	0,412	0,89	0,76	0,761	0,947	1	
NB	0,48	1,021	0,903	0,895	1,102	1,159	1

Iz tablica 5. i 6. bile su unaprijed određene vrijednosti opterećenja faktora bile su veće od vrijednosti opterećenja drugih faktora.

Stoga je izvedena diskriminacijska vrijednost predloženog modela.



Slika 3. Rezultati testiranja hipoteze

Tablica 7. Dobiveni rezultati testiranja hipoteze

Odnos	Rezultati			
	β - vrijednost	p - vrijednost	Hipoteza	Podrška
U < --- OS	0,144	0,000	H1	Da
U < --- SQ	0,354	0,000	H2	Da
U < --- IQ	0,324	0,000	H4	Da
U < --- SRQ	0,277	0,000	H6	Da
US < --- SQ	0,802	0,003	H3	Da
US < --- IQ	0,966	0,000	H5	Da
US < --- SRQ	0,654	0,000	H7	Da
US < --- U	1,335	0,000	H8	Da
NB < --- U	0,19	0,000	H9	Da
NB < --- US	0,158	0,000	H10	Da

Testiranje hipoteze

Testiranje hipoteze analizirano je pomoću SPSS-AMOS, a dobivena R^2 vrijednost za korištenje BIM-a bila je 1,19, zadovoljstvo korisnika BIM-a bilo je 0,62, a neto korist 1,34. Rezultati testiranja hipoteza dobiveni iz SPSS-AMOS prikazani su na slici 3. Dobivene β -vrijednosti i p-vrijednosti navedene su u tablici 7.

Rezultati pokazuju da su svi putovi u testiranju hipoteza značajni. Slika 2. pokazuje da je utjecaj OS-a na U matematički značajan ($\beta = 0,144$, $p < 0,01$), te da ova hipoteza podupire model. Utjecaj SQ na U bio je matematički značajan ($\beta = 0,354$, $p < 0,01$), kao i utjecaj IQ na U ($\beta = 0,324$, $p < 0,01$). Utjecaj SRQ na U bio je

značajan ($\beta = 0,277$, $p < 0,01$). Slično tome, utjecaji SQ, IQ i SRQ na US su značajni, a vrijednosti su redom $\beta = 0,802$, $p < 0,05$, $\beta = 0,966$, $p < 0,01$ i $\beta = 0,654$; $p < 0,01$. Utjecaj U na US i NB također je značajan, s vrijednostima od $\beta = 1,335$, $p < 0,01$ i $\beta = 0,19$; $p < 0,01$. Nadalje, utjecaj US-a na NB je značajan ($\beta = 0,158$, $p < 0,01$), a sve hipoteze (H1, H2, H3, H4, H5, H6, H7, H8, H9 i H10) podržavaju strukturni model.

3.2. Rasprava

Iz analize, OS, SQ, IQ, SRQ i BIM U imali su značajnu ulogu u BIM US i NB. U ovom slučaju svi čimbenici značajno utječu na zavisne

aspekte. SQ izrazito utječe na BIM U u usporedbi s OS, IQ i SRQ. Ovaj ishod bio je u skladu sa zaključcima autora Zhanga i sur. [42], koji su naveli da kvaliteta sustava utječe na BIM U u organizaciji građenja u Kini. Na primjer, zapošljavanje visokoobrazovanih zaposlenika i odabir projekata koji zahtijevaju BIM pomaže u povećanju konkurentnosti organizacije. To može dodatno poboljšati učinkovitost proizvodnje, povećati organizacijski prihod te bolje i brže poduprijeti proces usvajanja BIM-a. BIM U izrazito utječe na BIM US u usporedbi sa SQ, IQ i SRQ. To će povećati povjerenje u primjenu US-a kao čimbenika uspjeha BIM-a. BIM U ima i negativan i pozitivan učinak na zadovoljstvo korisnika [26, 43]. Visok stupanj zadovoljstva korisnika može se postići s visokim BIM U i niskom složenosti. Utvrđeno je da je učinak BIM U na NB veći od učinka BIM US na NB. Sve u svemu, BIM U snažno utječe na zadovoljstvo korisnika BIM-a i neto korist. Dokazano je da BIM računalni program povećava zadovoljstvo korisnika BIM-a i neto korist. Stoga predložena metoda za primjenu BIM-a snažno utječe na zadovoljstvo korisnika BIM-a i neto korist.

4. Zaključak

Potražnja za BIM-om i povezanim softverima postupno raste diljem svijeta. U usporedbi s razvijenim zemljama, u zemljama u razvoju usvajanje BIM-a je u početnoj fazi. U nekim zemljama implementacija BIM-a nacionalnoj razini još uvijek nije ostvarena, dok zemlje EU-a koriste BIM više od 10 godina. Stopa rasta usvajanja BIM-a u Indiji mnogo je niža nego u Europi i drugim zapadnim zemljama. Unatoč pozitivnom učinku na produktivnost, usvajanje BIM-a još uvijek nailazi na određene

prepreke. U ovom su radu analizirani čimbenici koji utječu na usvajanje BIM računalnih programa u građevinskoj industriji koristeći prošireni model koji su razvili Wang i Liao [44]. Izvedeni su čimbenici koji utječu na usvajanje BIM računalnih programa i provedena je anketa o usvajanju BIM računalnih programa. Sedam značajnih čimbenika – organizacijska podrška, kvaliteta sustava, kvaliteta informacija, kvaliteta usluge, korištenje BIM-a, zadovoljstvo korisnika BIM-a i neto korist – razmatrani su i uključeni u upitnik za provjeru valjanosti odgovora korisnika. Na kraju je prikupljeno 257 odgovora iz različitih građevinskih djelatnosti putem pojedinačnih posjeta i Google obrasca. Na temelju tih odgovora provedena je potvrdna faktorska analiza pomoću SPSS-AMOS-a. Eksperimentalni rezultati dokazuju da su korisnici zadovoljni usvajanjem BIM-a i korištenjem predloženog modela. Iz konačnih rezultata hipoteze zaključili smo da korištenje BIM-a snažno utječe na zadovoljstvo korisnika BIM-a i neto korist. Neto koristi imaju značajan utjecaj na pravilno upravljanje različitim sučeljima u projektu. Stoga usvajanje BIM-a značajno utječe na upravljanje sučeljem građevinskih projekata te pomaže pri boljoj izvedbi projekta u smislu vremena, troškova, kvalitete, sigurnosti i produktivnosti. Glavno ograničenje ovog istraživanja je to što je model bio primjenjiv samo na indijski kontekst. U budućnosti će takvo istraživanje obuhvatiti i europske i zapadne zemlje.

Zahvala

Autor izražava iskrenu zahvalnost Odsjeku za građevinarstvo Kumaraguru Fakulteta za tehnologiju na podršci u stvaranju ovog istraživanja.

LITERATURA

- [1] Qingsheng, X., Zhou, X., Wang, J., Gao, X., Chen, X., Liu, C.: Matching real-world facilities to building information modeling data using natural language processing, *IEEE Access*, 7 (2019), pp. 119465-119475, <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2937219>
- [2] Cerić, A., Završki, I., Vukomanović, M., Ivić, I., Nahod, M.M.: BIM implementation in building maintenance management, *Građevinar*, 71 (2019) 10, pp. 889-900, <https://doi.org/10.14256/JCE.2730.2019>
- [3] Sibenik, G., Kovacic, I., Petrinis, V., Sprenger, W., Bubalo, D., Ruzičić, N.: Automated preprocessing of building models for structural analysis, *Građevinar*, 74 (2022) 3, pp. 211-226, <https://doi.org/10.14256/JCE.3259.2021>
- [4] Venkrbec, V., Galić, M., Klanšek, U.: Construction process optimisation – review of methods, tools and applications, *Građevinar*, 70 (2018) 7, pp. 593-606, <https://doi.org/10.14256/JCE.1719.2016>
- [5] Ozturk, G.B.: Interoperability in building information modeling for AECO/FM industry, *Automation in Construction*, 113 (2020), pp. 103122, [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000505](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000505)
- [6] Hall, A.T., Durdyev, S., Koc, K., Ekmekcioglu, O., Tupenaite, L.: Multi-criteria analysis of barriers to building information modeling (BIM) adoption for SMEs in New Zealand construction industry, *Engineering, Construction and Architectural Management*, (ahead-of-print), 2022.
- [7] Rakib, M.F.H., Howlader, S., Rahman, M.: Factors affecting the BIM adoption in the construction industry of Bangladesh, *Goedert & Meadati*, (2018), pp. 19-21
- [8] Nasila, M., Cloete, C.: Adoption of Building Information Modelling in the construction industry in Kenya. *Acta Structilia*, 25 (2018) 2, pp.1-38
- [9] Hatem, W.A., Abd, A.M., Abbas, N.N.: Barriers of adoption building information modeling (BIM) in construction projects of Iraq, *Engineering Journal*, 22 (2018) 2, pp. 59-81
- [10] Wu, P., Jin, R., Xu, Y., Lin, F., Dong, Y., Pan, Z.: The analysis of barriers to BIM implementation for industrialized building construction: A China study, *Journal of Civil Engineering and Management*, 27 (2021) 1, pp. 1-13
- [11] Ahuja, R., Jain, M., Sawhney, A., Arif, M.: Adoption of BIM by architectural firms in India: technology–organization–environment perspective, *Architectural engineering and design management*, 12 (2016) 4, pp. 311-330

- [12] Ahuja, R., Sawhney, A., Jain, M., Arif, M., Rakshit, S.: Factors influencing BIM adoption in emerging markets—the case of India, *International Journal of Construction Management*, 20 (2020) 1, pp. 65-76
- [13] Hire, S., Sandbhor, S., Ruikar, K., Amarnath, C.B.: BIM usage benefits and challenges for site safety application in Indian construction sector, *Asian Journal of Civil Engineering*, 22 (2021) 7, pp. 1249-1267
- [14] Kolarić, S., Vukomanović, M., Bogdan, A.: Analysis of the use of BIM in Croatian construction industry, *Građevinar*, 72 (2020) 3, pp. 205-214, <https://doi.org/10.14256/JCE.2774.2019>
- [15] Lin, Y.C.: Use of BIM approach to enhance construction interface management: A case study, *Journal of Civil Engineering and Management*, 21 (2015) 2, pp. 201-217, <https://doi.org/10.3846/13923730.2013.802730>
- [16] DeLone, W.H., McLean, E.R.: Information systems success: The quest for the dependent variable, *Information systems research*, 3 (1992) 1, pp. 60-95, <https://doi.org/10.1287/isre.3.1.60>
- [17] Shang, Z., Zhigang S.: Critical success factors (CSFs) of BIM implementation for collaboration based on system analysis, *Computing in Civil and Building Engineering*, (2014), pp. 1441-1448, <https://doi.org/10.1061/9780784413616.179>
- [18] Ruoyu, J., Hancock, C., Tang, L., Chen, C., Wanatowski, D. Yang, L.: Empirical study of BIM implementation-based perceptions among Chinese practitioners, *Journal of management in engineering*, 33 (2017) 5, [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000538](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000538)
- [19] Beliz, O., Karahan, U.: Critical success factors of building information modeling implementation, *Journal of management in engineering*, 33 (2017) 3, pp. 04016054
- [20] Davis, F.D.: Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology, *MIS quarterly*, (1989), pp. 319-340, <https://doi.org/10.2307/249008>
- [21] Magid, I. Guimaraes, T., Davis, G.B.: Testing the determinants of microcomputer usage via a structural equation model, *Journal of management information systems*, 11 (1995) 4, pp. 87-114, <https://doi.org/10.1080/07421222.1995.11518061>
- [22] Zuppa, D., Issa, R.R., Suermann, P.C.: BIM's impact on the success measures of construction projects, *Computing in Civil Engineering*, (2009), pp. 503-512, [https://doi.org/10.1061/41052\(346\)50](https://doi.org/10.1061/41052(346)50)
- [23] Papadonikolaki, E.: Loosely coupled systems of innovation: Aligning BIM adoption with implementation in Dutch construction, *Journal of management in engineering*, 34 (2018) 6, pp. 05018009, [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000644](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000644)
- [24] Seongah, K., Park, C.H., Chin, S.: Assessment of BIM acceptance degree of Korean AEC participants, *KSCE Journal of civil engineering*, 20 (2016) 4, pp. 1163-1177, <https://doi.org/10.1007/s12205-015-0647-y>
- [25] Tsai, M.H., Mom, M., Hsieh, S.: Developing critical success factors for the assessment of BIM technology adoption: Part I. - Methodology and survey, *Journal of the Chinese Institute of Engineers*, 37 (2014) 7, pp. 845-858, <https://doi.org/10.1080/02533839.2014.888811>
- [26] Jiule, S., Migliaccio, G.C., Wang, G., Lu, H.: Exploring the influence of system quality, information quality, and external service on BIM user satisfaction, *Journal of Management in Engineering*, 33 (2017) 6, pp. 04017036, [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000549](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000549)
- [27] Mazri, Y., Wan Ali, W.N.A., Radzuan, K.: Identifying critical success factors (CSFs) of implementing building information modeling (BIM) in Malaysian construction industry, *AIP Conference Proceedings*, 1761 (2016) 1, pp. 020105, <https://doi.org/10.1063/1.4960945>
- [28] Hanae, R., Al Meriouh, Y.: Evaluation by users of an industrial information system (XPPS) based on the DeLone and McLean model for IS success, *Procedia Economics and Finance*, 26 (2015), pp. 903-913, [https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(15\)00903-X](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(15)00903-X)
- [29] Seulki, L., Yu, J., Jeong, D.: BIM acceptance model in construction organizations, *Journal of management in engineering*, 31 (2015) 3, pp. 04014048, [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000252](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000252)
- [30] Longhui, L., Teo, E.A.L.: Critical success factors for enhancing the building information modelling implementation in building projects in Singapore, *Journal of Civil Engineering and Management*, 23 (2017) 8, pp. 1029-1044, <https://doi.org/10.3846/13923730.2017.1374300>
- [31] Memon, A.H., Rahman, I.A., Memon, I., Aqilah Azman, N.I.: BIM in Malaysian construction industry: status, advantages, barriers and strategies to enhance the implementation level, *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*, 5 (2014), pp. 606-614
- [32] Khosrowshahi, F., Arayıcı, Y.: Roadmap for implementation of BIM in the UK construction industry, *Engineering, construction and architectural management*, 19 (2012) 6, pp. 610-635, <https://doi.org/10.1108/09699981211277531>
- [33] Zhikun, D., Zuo, J., Wu, J., Wang, J.Y.: Key factors for the BIM adoption by architects: A China study, *Engineering, Construction and Architectural Management*, 22 (2015) 6, pp. 732-748, <https://doi.org/10.1108/ECAM-04-2015-0053>
- [34] Wang, C.C., Chien, O.: The use of BIM in project planning and scheduling in the Australian construction industry, *Proceedings of the ICCREM 2014: Smart Construction and Management in the Context of New Technology*, 2014., pp. 126-133, <https://doi.org/10.1061/9780784413777.015>
- [35] Ireneusz, C., Pękala, A.: Traditional design versus BIM based design, *Procedia Engineering*, 91 (2014), pp. 210-215, <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.12.048>
- [36] Rouibah, K., Hamdy, H.I., Al-Enezi, M.Z.: Effect of management support, training, and user involvement on system usage and satisfaction in Kuwait, *Industrial Management & Data Systems*, 2009.
- [37] Memon, A.H., Rahman, I.A., Memon, I., Azman, N.I.A.: BIM in Malaysian construction industry: status, advantages, barriers and strategies to enhance the implementation level, *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*, 8 (2014) 5, pp. 606-614
- [38] Mom, M., Tsai, M.H., Hsieh, S.H.: Developing critical success factors for the assessment of BIM technology adoption, Part II: Analysis and results, *Journal of the Chinese Institute of Engineers*, 37 (2014) 7, pp. 859-86
- [39] Lee, S., Yu, J., Jeong, D.: BIM acceptance model in construction organizations, *Journal of management in engineering*, 31 (2015) 3, pp. 04014048.
- [40] Liao, L., Teo, E.A.L.: Critical success factors for enhancing the building information modelling implementation in building projects in Singapore. *Journal of Civil Engineering and Management*, 23 (2017) 8, pp. 1029-1044

- [41] Ozorhon, B., Karahan, U.: Critical success factors of building information modeling implementation, Journal of management in engineering, 33 (2017) 3, pp. 04016054.
- [42] Zhang, R., Tang, Y., Wang, L., Wang, Z.: Factors influencing BIM adoption for construction enterprises in China, Advances in Civil Engineering, 2020.
- [43] Bryde, D., Broquetas, M., Volm, J.M.: The project benefits of building information modelling (BIM), International journal of project management, 31 (2013) 7, pp. 971-980
- [44] Wang, Y.S., Liao, Y.W.: Assessing eGovernment systems success: A validation of the DeLone and McLean model of information systems success, Government information quarterly, 25 (2008) 4, pp. 717-733, <https://doi.org/10.1016/j.giq.2007.06.002>.
- [45] Vigneshwar, R.V.K., Shanmugapriya, S., Sindhu Vaardini, U.: Analyzing the Driving Factors of BIM Adoption Based on the Perception of the Practitioners in Indian Construction Projects, Iran J Sci Technol Trans Civ Eng, 46 (2022), pp. 2637-2648 <https://doi.org/10.1007/s40996-022-00834-9>

DODATAK: Obrazac korišten u istraživanju

Poglavlje 1.

1. Naziv organizacije:

Dr./gosp./gđa.:

2. Oznaka ispitanika:

- Investitor
 Izvođač
 Savjetnik
 Arhitekt
 Ostalo

3. Radno iskustvo (u godinama)

- 1-3
 3-5
 5-10
 >10

4. Naziv korištenog BIM softvera:

5. Vrste radova koji se izvode pomoću BIM-a:

- Stambena zgrada
 Ceste i mostovi
 Industrijska zgrada
 Ostalo

6. Broj do sad izvedenih projekata koristeći BIM (tijekom godina)

- Manje od 10
 10-25
 26-50
 Više od 50

7. Izbor BIM-a na temelju:

- Tržišni pritisak
 Interes klijenta
 Budući zahtjevi
 Ostvarivanje stvarnih koristi

Poglavlje 2.

ČIMBENICI KOJI UTJEČU NA USVAJANJE I IMPLEMENTACIJU BIM-a

Označite važnost svakog čimbenika odabirom odgovarajućih rubrika. Dodajte napomene koje se odnose na svaki čimbenik u zadnjem stupcu, na primjer, razloge, ključne čimbenike ili rješenja.

SD - uopće se ne slažem;

D - ne slažem se;

N - neutralno;

A - slažem se;

SA - u potpunosti se slažem.

GLAVNI ČIMBENICI	ID	PODFAKTORI	SD	D	N	A	SA
ORGANIZACIJSKA PODRŠKA [OS]	Koliko se slažete s utjecajem ORGANIZACIJSKE PODRŠKE za usvajanje BIM-a u građevinskim projektima?						
	OS1	Naša organizacija svjesna je prednosti implementacije BIM alata u fazama projekta					
	OS2	Naša organizacija pruža izobrazbu i prenosi znanje o BIM softveru					
	OS3	Naša organizacija nas potiče i motivira u korištenju BIM softvera u svim fazama projekta					
	OS4	Naša organizacija osigurava potrebna financijska sredstva i kontinuirana ulaganja za korištenje BIM-a					
KVALITETA SUSTAVA [SQ]	Koliko se slažete s utjecajem KVALITETE SUSTAVA na usvajanje BIM-a u građevinskim projektima?						
	SQ1	BIM softver pruža točan i jasan izlaz projektnih podataka					
	SQ2	BIM pruža dobro strukturirano i prilagođeno korisničko sučelje za ljude iz različitih disciplina					
	SQ3	BIM softveri se mogu jednostavno integrirati s postojećim softverima u našoj organizaciji					
	SQ4	BIM alati su stabilni i prihvatljivi					
KVALITETA INFORMACIJA [IQ]	Koliko se slažete s utjecajem KVALITETE INFORMACIJA organizacije za usvajanje BIM-a u građevinskim projektima?						
	IQ1	BIM osigurava sigurnu razmjenu informacija među sudionicima našeg projekta					
	IQ2	Informacije koje pruža BIM softver točne su i učinkovite.					
	IQ3	Korištenje BIM-a poboljšava dostupnost informacija					
	IQ4	BIM softveri pomažu u boljem razumijevanju aktivnosti projekta pružajući potrebne informacije					
KVALITETA USLUGE (SRQ)	Koliko se slažete s utjecajem KVALITETE USLUGE prodavača koji nude BIM usluge?						
	SRQ1	Održavanje i nadogradnju osiguravaju prodavači softvera kad god je to potrebno					
	SRQ2	Prodavači softvera nude brzi odgovor kad god je to potrebno					
	SRQ3	Osoblje tehničke podrške za BIM softvere ovlašteno je rješavati probleme korisnika					
	SRQ4	Osoblje tehničke podrške za BIM softvere dostupno je kada mi zatreba.					
KORIŠTENJE (U)	Koliko se slažete s KORIŠTENJEM BIM softvera u građevinskim projektima?						
	U1	Koristim BIM softvera za planiranje za simulacija faza gradnje					
	U2	Koristim BIM softvere za projektiranje i izradu nacрта u svrhu lakše vizualizacije postojećeg modela					
	U3	Koristim BIM softvere za obračun i procjenu troškova u svrhu točnijeg proračuna količina					
	U4	Koristim dokumente i nacрте dobivene iz BIM softvera za bolje upravljanje informacijama tijekom trajanja projekta					
ZADOVOLJSTVO KORISNIKA (US)	Koliko se slažete s VAŠIM ZADOVOLJSTVOM BIM softverima u građevinskim projektima?						
	US1	Zadovoljan sam brzinom obrade zadataka i preciznošću BIM-a					
	US2	Zadovoljan sam procesom donošenja odluka tijekom cijelog projekta					
	US3	Zadovoljan sam rezultatima postignutim korištenjem BIM-a koji su i viši od očekivanih					
	US4	Zadovoljan sam sustavnim upravljanjem informacijama i kvalitetnom dokumentacijom projekta					
NETO KORIST (NB)	Koliko se slažete s NETO KORISTIMA BIM softvera za poboljšanje upravljanja sučeljem u građevinskim projektima?						
	NB1	Sveukupno poboljšanje izvedbe projekta (u smislu vremena, troškova, sigurnosti i kvalitete) poboljšava se tijekom trajanja projekta					
	NB2	Uspostavljena je učinkovita komunikacija i koordinacija među dionicima					
	NB3	Ostvareno je otkrivanje i rješavanje sukoba tijekom trajanja projekta					
	NB4	Izrađena je 3D vizualizacija i virtualni pregled građevine za bolje razumijevanje projektnog rješenja					
	NB5	Razvijeno je učinkovito djelovanje na rizike u projektu					