

Civil engineering Statybos inžinerija

STATINIO INFORMACINIO MODELIAVIMO TAIKYMO EFEKTYVUMO VERTINIMO KRITERIJAI IR ATVEJO ANALIZĖ

Arvydas KIAULAKIS *, Tatjana VILUTIENĖ , Darius MIGILINSKAS 

Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Vilnius, Lietuva

Gauta 2018 m. spalio 30 d.; priimta 2018 m. lapkričio 8 d.

Santrauka. Straipsnyje siūloma kriterijų sistema BIM projektų efektyvumui vertinti. Pasiūlyti kriterijai suskirstyti į dvi grupes: kiekybiniai (apskaičiuojami taikant formules) ir kokybiniai (vertinami balais pagal pasiūlytas skales). Į kriterijų sistemą įtraukti laiko ir kaštų kitimo vertinimas, BIM taikymo mastas organizacijoje, BIM išsamumo lygis, BIM pajėgumo lygis, BIM brandos lygis. Kriterijai skirti jau įgyvendintam BIM projektui vertinti. Atlikto tyrimo metu kriterijai pritaikyti realaus projekto rezultatams vertinti, analizuoti projekto radiniai, apribojimai ir sunkumai bei BIM taikymo naudą. Metodikos taikymas leidžia įvertinti, koku lygiu BIM technologijos taikomos statybos projektuose. Kaupiant tokius duomenis gali būti vykdoma nuolatinė BIM vystymosi šalyje stebėseną.

Reikšminiai žodžiai: BIM, statybos projektas, efektyvumo rodikliai, kriterijų sistema.

Įvadas

Statinio informacinio modeliavimo (angl. *Building Information Modelling*) (toliau – BIM) metodologija aktyviai diegiama ir vystoma daugelyje pasaulio šalių. Dauguma pažangiai įgyvendinamų statybos projektų vykdomi taikant statinio informacinio modeliavimo metodologiją, nes, pasak Ciribini, Mastrolembo ir Paneroni (2016), Pavlovskis, Antucheviciene ir Migilinskas (2016), Ghaffarianhoseini et al. (2017), BIM metodologijos taikymas suteikia naudą, išreikštą kokybės, ekonominių rodiklių, laiko ir kitais teigiamais projekto parametrais. Lietuvoje apie skaitmenines projektavimo, statybos ir statinių valdymo technologijas, padedančias taupyti projektų įgyvendinimo laiką, minimizuoti klaidų tikimybę ir efektyviai eksploatuoti statinius, aktyviau pradėta kalbėti prieš keletą metų.

Statinio informacinis modeliavimas yra laikomas sprendimu, padedančiu įveikti iššūkius, kurie yra susiję su tradicine darbo praktika statybos pramonėje (Abanda, Tah ir Cheung, 2017), t. y. BIM gali palengvinti gamybos ir statybos procesus ir leidžia tiksliau apibrėžti medžiagų reikalavimus, dėl kurių galima sumažinti klaidų skaičių užsakymuose ir taip sumažinti statybinių atliekų kiekį. BIM naudą išskiria ir Ciribini et al. (2016), jie pažymi, kad statinio informacinis modeliavimas (BIM) reiškia ilgalaikes investicijas, kurios gali padėti sumažinti statybos

trukmę bei sąnaudas taikant optimizuotus projektavimo ir statybos procesus.

Tačiau statinio informacinis modeliavimas susijęs ne tik su didelėmis galimybėmis statybos pramonei. Mokslininkai apžvelgdami įvairius taikymo atvejus mini nemažai iššūkių. Kadangi BIM dar tik vystosi ir statybos procesai tampa vis labiau automatizuoti, turi būti apibrėžti specialistų vaidmenys ir nustatytos arba tinkamai pritaikytos kompetencijos, nes teikiamos sudėtingesnės paslaugos, reikalaujančios išmanymo taikant daugiadimensį modeliavimą, t. y. 3D, 4D (laiko), 5D (išlaidų) ir 6D (pastatų valdymo) modeliavimus (Smith, 2014). Ir nors statinio informacinis modeliavimas (BIM) dažnai laikomas daugybės klausimų sprendimo būdu, dažnai projektavimo procese fiksuojami vėlavimai ir sąnaudų padidėjimas. Tai gali būti siejama su tuo, kad nepakankamai atsižvelgiama į tokiems projektams būdingas bendradarbiavimo ir apsikeitimo informacija problemas bei projektavimo komandų elgseną diegiant BIM (Hattab ir Hamzeh, 2018).

Statinio informacinio modeliavimo (BIM) koncepcijos, tuo grįsti darbo būdai ir technologijos diegiamos statybos sektoriaus organizacijose. Tačiau BIM įgyvendinimo naudą ir BIM taikymo efektyvumą dar turi būti patikimai įvertinti (Succar ir Kassem, 2015). Šiam tikslui dar nėra

*Autorius susirašinėti. El. paštas arvydas.kiaulakis@vgtu.lt

tinkamos vienos kriterijų sistemos, jaučiamas vertinimo metodų trūkumas.

Tyrimo tikslas – pasiūlyti kriterijų sistemą statinio informacinio modeliavimo taikymo efektyvumui vertinti ir patikrinti jos pritaikomumą atliekant realaus atvejo analizę. Tyrimo metu buvo ieškoma informacijos, kuri leistų nustatyti BIM naudas bei išanalizuoti ir įvertinti faktinius BIM grįsto projekto įgyvendinimo rodiklius. Parinkdami kriterijus BIM taikymo efektyvumui vertinti statybos projektuose autoriai remiasi anksčiau atliktais kitų mokslininkų tyrimais.

1. Literatūros apžvalga

BIM metodologija siūlo įvairias technologijas ir sprendimus, kuriais galima sustiprinti bendradarbiavimą statybos projekte, didinant našumą, projektavimo, statybos ir priežiūros veiklų efektyvumą (Miettinen ir Paavola, 2014). Literatūros šaltiniuose nagrinėjami praktinio įgyvendinimo pavyzdžiai ir apžvelgiami tyrimai, kurių objektas buvo naujos BIM įgyvendinimo strategijos (Kassem ir Succar, 2017).

Statinio informacinis modeliavimas (BIM) pastatų savininkams ir valdytojams atveria galimybes spręsti problemas, susijusias su informacijos patikimumu, ir užtikrinti informacijos tikslumą jų turto koncepcijos kūrimo, projektavimo, statybos ir naudojimo etapuose (Cavka, Staub-French ir Poirier, 2017). Kaip vieną iš BIM naudų autoriai Ghaffarianhoseini et al. (2017) įvardina ekonominę naudą. Šių mokslininkų tyrimai patvirtino, kad didžiausią įtaką didinant investicijų grąžą lemia BIM poveikis vėlavimų prevencijai. C. S. Park, Kim, H. T. Park, Goh ir Pedro (2017) atliko tyrimą, kurio pagrindu buvo sukurtas BIM grįstas idėjų bankas, leidžiantis sistemingai kaupti, ieškoti ir pakartotinai naudoti ankstesnių projektų duomenis bei efektyviai kurti naujas idėjas.

Cavka et al. (2017) nuomone, nepaisant daugelio BIM teikiamų privalumų, jo taikymas, ypač įrenginiams eksploatuoti, vis dar yra labai ribotas. Won ir Leeb (2017) nagrinėjo BIM grįstų projektų sėkmės lygio vertinimo galimybes ir pasiūlė modelį SLAM BIM, kuris skirtas BIM projekto sėkmei vertinti. Jis buvo sukurtas remiantis prielaida, kad projekto sėkmės neįmanoma įvertinti, pirmiausiai nenustatant jo tikslo, todėl pagrindiniai vertinimo rodikliai (KPI) gali skirtis priklausomai nuo projekto tikslo. Won ir Leeb (2017) rekomenduoja parinkti tokius vertinimo rodiklius, duomenis, kuriuos įmanoma surinkti, kurie yra išmatuojami ir palyginami. Projektų duomenys, susiję su laiko grafiku, projektavimo klaidomis, užsakymų pakeitimais, reakcijos laiku, buvo surinkti ir analizuojami taikant SLAM BIM procesą.

Singh ir Yalcinkaya (2016) tyrimuose sutelkė dėmesį į atskirą informacijos vartotoją bei didžiųjų duomenų naudojimą. Jie pasiūlė transaktyvią atminties sistemą (TMS), kuri leidžia projekto komandos nariams rasti informaciją įvairiais formatais, taip pat sistemoje numatytas vizualaus valdymo ir komunikacijos sistemos tobu-

linimas, siekiant pagerinti vartotojo patirtį ir sumažinti pažintinę apkrovą.

Yuan, Sun ir Wang (2018) sujungė DFMA (angl. *Design for Manufacture and Assembly*) su BIM, kad būtų sukurta parametrinio projektavimo koncepcija ir patobulintas gamybos procesas. Jie padarė išvadą, kad, palyginti su tradiciniu parametriniu dizainu, DFMA orientuotas parametrinis projektavimas gali padidinti surenkamųjų pastatų suprojektavimo efektyvumą. Schlueter ir Geyer (2018) siūlo taikyti metodiką, kuri padėtų įvertinti techninių ir architektūrinių projektavimo parametų poveikį dinaminiam pastatų energijos modeliavimui, kuris labai jautrus konkrečių parametų pakeitimui. Paprastai, ypač praktikoje, parengiamas tik vienas arba labai nedaug modelių, kad būtų galima įvertinti modernizavimo priemonių veiksmingumą. Dėl to, Schlueter ir Geyer (2018) nuomone, keičiant pastato projektinius sprendinius, kyla pavojus, kad bus ignoruoti svarbiausi parametrai arba nustatytos netinkamos vertės.

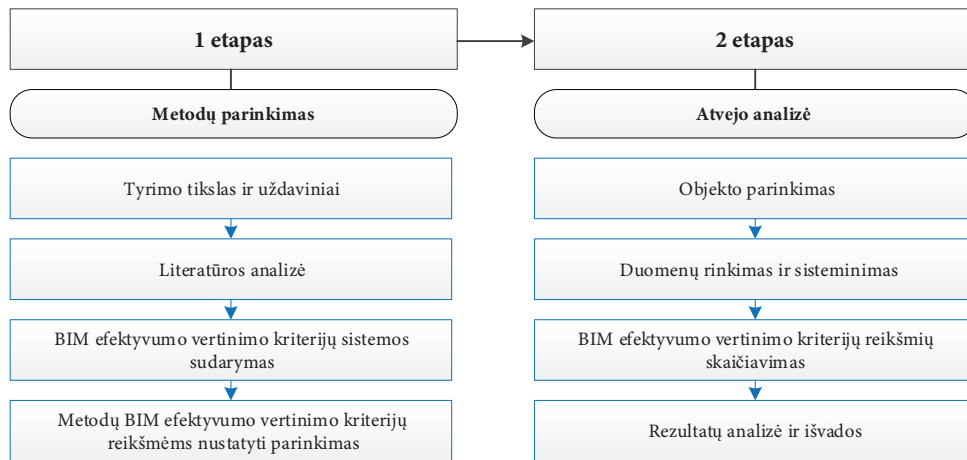
Arayici, Fernando, Munoz ir Bassanino (2018) nuomone, produktyvumu grįstas projektavimas reikalauja metodo, kuris leistų integruotai veikti keletui suinteresuotų subjektų, kurie sąveikauja viso objekto gyvavimo ciklo metu. Tai lemia didelį poreikį integruoti kelių tipų domenų modeliavimą ir analizę. Be to, tradiciškai architektams ir inžinieriams sunku efektyviai naudoti modeliavimo priemones, nes jų procesai yra pagrįsti 2D rankiniu būdu sukurtais brėžiniais.

Akanbi et al. (2018) pritaikė BIM technologijas medžiagų pakartotino naudojimo ir perdirbimo galimybes vertinti. Jų pasiūlytas įrankis BWPE (BIM-based Whole-life Performance Estimator) yra objektyvi priemonė, leidžianti nustatyti, kiek medžiagų gali būti pakartotinai naudojamos ir perdirbamos pastato naudingo tarnavimo laikotarpio pabaigoje. BWPE teikia sprendimų paramą architektams ir projektuotojams, kurie analizuos projektavimo sprendimų poveikį aplinkai per tam tikrą laikotarpį. Taip pat įrankis naudingas griovimo inžinieriams ir konsultantams, kurie taikydami jį gali atlikti pastato medžiagų auditą prieš griovimo darbus.

2. Tyrimo metodai

Tyrimas atliktas dviem etapais (1 paveikslas), pirmame formuluojat tyrimo tikslus ir uždavinius, apžvelgiant kitų mokslininkų tyrimus, parenkant kriterijų sistemą BIM projektų efektyvumui vertinti ir metodus kriterijų reikšmėms nustatyti. Antrame etape pasiūlyta kriterijų sistema apbruojama taikant realaus statybos projekto atvejui, projekto BIM efektyvumui vertinti.

Parinkdami kriterijus BIM taikymo efektyvumui vertinti statybos projektuose autoriai remiasi anksčiau atliktais kitų mokslininkų tyrimais. Succar, Sher ir Williams (2012) pasiūlė metodologiją, kurią taikant identifikuojamos penkios BIM projektų vertinimo sritys: i) BIM pajėgumo lygis, vertinant įtrauktų dalyvių pastangas taikant BIM technologijas integruotoje BIM aplinkoje; ii) BIM



1 paveikslas. Tyrimo etapai ir metodai
Figure 1. The stages and methods of research

brandos lygis, vertinant bendradarbiavimo BIM projekte kokybę, nuspėjamumą ir kintamumą; iii) BIM kompetencijos, reikalingos BIM projektui įgyvendinti; iv) taikymas organizacijos mastu, vertinant BIM technologijų taikymo mastą organizacijoje; ir (v) išsamumo lygis, vertinant BIM technologijų taikymo apimtį.

Kriterijai skirstomi į kiekybinius ir kokybinius (2 paveikslas). Kiekybiniams priklauso: išlaidų pokytis, išlaidų skirtumas, projekto trukmės pokytis, planuotos ir realios projekto trukmių skirtumas. Kokybiniai rodikliai: BIM taikymo mastas organizacijoje, BIM išsamumo lygis, BIM pajėgumo lygis ir BIM brandos lygis. Detalus BIM taikymo efektyvumo vertinimo kriterijų aprašas pateiktas 1 lentelėje.

1 lentelė. BIM taikymo efektyvumo vertinimo kriterijų aprašas
Table 1. Description of the criteria for the assessment of BIM application efficiency

Nr.	Kriterijus	Mato vnt.	Aprašas
1.	Išlaidų pokytis	%	$k_p = \frac{\sum P_p - \sum P_a}{\sum P_p} \times 100\%$, čia k_p – projekto išlaidų sumažėjimo procentas, $\sum P_p$ – planuotas projekto biudžetas, $\sum P_a$ – faktinis projekto biudžetas
2.	Išlaidų skirtumas	EUR	$\sum P_p - \sum P_a$, čia $\sum P_p$ – planuotas projekto biudžetas, $\sum P_a$ – faktinis projekto biudžetas
3.	Projekto trukmės pokytis	%	$k_t = \frac{T_p - T_a}{T_p} \times 100\%$, čia k_t – projekto vykdymo laiko sumažėjimo procentas, T_p – planuota projekto trukmė, T_a – reali projekto trukmė
4.	Planuotos ir realios projekto trukmių skirtumas	d. d.	$T_p - T_a$, čia T_p – planuota projekto trukmė, T_a – faktinė projekto trukmė
5.	BIM taikymo mastas organizacijoje	Balai	BIM metodologija taikoma: (1) tik projekto lygmeniu; (2) organizacijos padalinio lygmeniu; (3) visos organizacijos lygmeniu
6.	BIM išsamumo lygis	Balai	BIM metodologija taikoma: (1) pradiniam galimybių tyrimo etape; (2) taikymo efektyvumo vertinimo etape; (3) pasiruošimo sertifikavimui ir kompetencijų įteisinimo etape; (4) profesionalaus taikymo ir ekspertinio vertinimo etape
7.	BIM pajėgumo lygis	Balai	BIM metodologija taikoma: (1) tik projekto vidinėje aplinkoje; (2) bendradarbiaujant su kitais projekto dalyviais (subrangovais, tiekėjais, gamintojais); (3) integruotoje aplinkoje, užtikrinant duomenų sąveiką (WebBIM) su kitomis DB
8.	BIM brandos lygis	Balai	BIM metodologija taikoma keičiantis: (0) dokumentais popieriuje; (1) el. dokumentais (2D ir 3D); (2) el. dokumentais (2D ir 3D) ir naudojant bendrą biblioteką; (3) el. dokumentais (nD) integruotoje WebBIM aplinkoje ir užtikrinant sąveiką su įvairiomis duomenų bazėmis (pvz., GIS)

3. Atvejo analizė

Analizuotas BIM projekto atvejis buvo verslo centro ir gyvenamųjų namų kompleksas – „Žalgirio 135“, Vilniuje (2 paveikslas). Komplexo bendrąjį plotą sudaro 15 391 m², iš kurių 8400 m² ploto užima biuro ir prekybos patalpos, 6374 m² – trys gyvenamosios paskirties daugiabučiai namai. Analizuojamo komplekso butų ir ploto suvestinė pateikta 1 lentelėje.

Nagrinėjamo projekto BIM metodologijos taikymo sritį sudarė projektavimas ir statyba. Techninio projekto metu BIM projekto komandą sudarė 2–3 projektuotojai – atskirų dalių inžinieriai ir projekto vadovas. Rengiant darbo projektą, inžinierių skaičius padidėjo iki 4–5, atsirado du projekto vadovai. Techniniam projektui parengti buvo naudota licencijuota projektavimo programinė įranga AUTODESK REVIT, TRIMBLE TEKLA Structures bei TEKLA BIMsight ir kita. Sukurti architektūros ir kiti inži-



2 paveikslas. Analizuojamųjų pastatų architektūros modelis BIM sight programoje
Figure 2. Architectural model of the buildings in BIM sight program

neriniai 3D modeliai buvo iš dalies parametrizuoti (3 paveikslas). BIM eksperto integruotam modeliui patikrinti (tikrinti, ar nėra klaidų / neatitikimų) projekto komanda neturėjo. Tarp užsakovo atstovų (objekto statybos komandos bei projektuotojų) informacijos dalinimasis vyko serveryje, pateikiant visą aktualią informaciją vienoje vietoje. Subrangovai 3D dokumentacijos negaudavo, nes aikštelėje naudojo popierinius brėžinius.

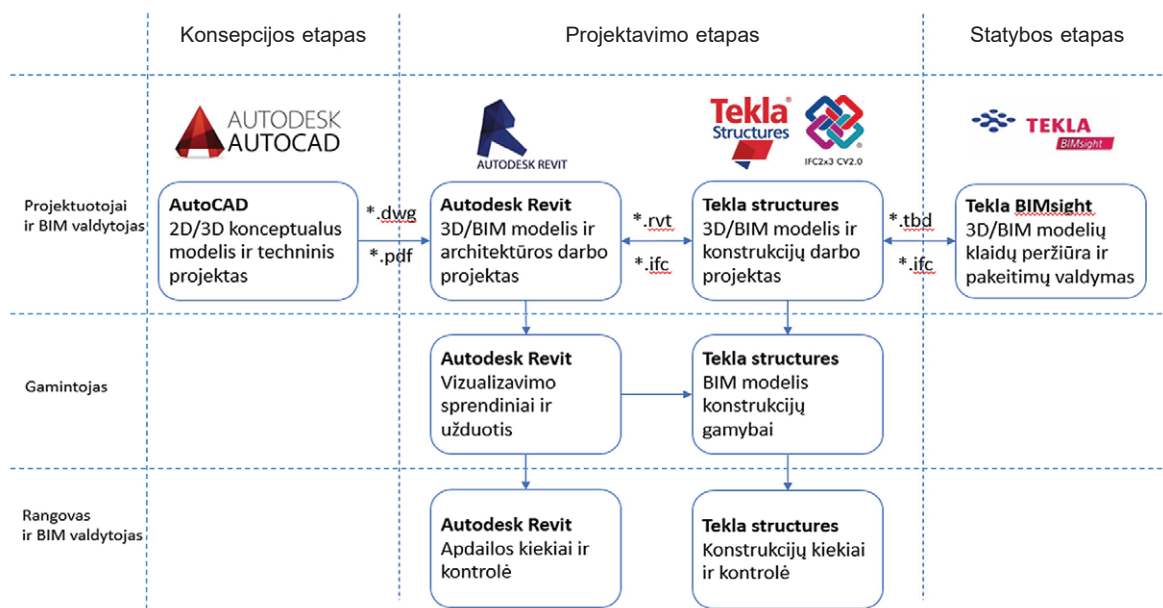
Siekiant užtikrinti sklandų projektinių duomenų perdavimą technologinėje gamybos grandinėje, tarp atskirų objekto realizacijos etapų (projektavimo – gamybos – montavimo – valdymo) dokumentacija buvo perduodama „iš rankų į rankas“, t. y. fiziškai perduodant projekto bylas. Brėžiniais bei kita projektine (elektronine) dokumentacija (patikslinimai, projekto papildymai, kiekiai, 3D vizualizacijos ir kt.) taip pat buvo dalinamasi elektroniniais laiškais.

4. Tyrimo rezultatai

Tyrimo metu nustatytos BIM taikymo naudos, sutaupymai, klaidos ir apribojimai pateikti 2 lentelėje.

Tyrimo metu sustatyta, kad buvo parengtas nepakankamai kokybiškas techninis projektas, darbo projektas nebuvo baigtas kuriant BIM modelį. Rengiant projektą buvo atlikta daug projekto pakeitimų, inicijuotų kliento ir rangovo.

Planuoto ir faktinio biudžetų sumažėjimo priežastis dažniausiai buvo galimų rizikų įvertinimas projektavimo etape rengiant darbų sąmatas, taip pat patirtis atliekant panašius darbus kituose projektuose. Planuoto ir faktinio biudžetų padidėjimo priežastys: statybos metu pakeistas projektinis sprendinys, turėjęs įtakos bendro biudžeto padidėjimui, ir projektavimo etape neteisingai įvertinta darbų sąmata. Palyginus projekto gyvenamųjų korpusų „B“,



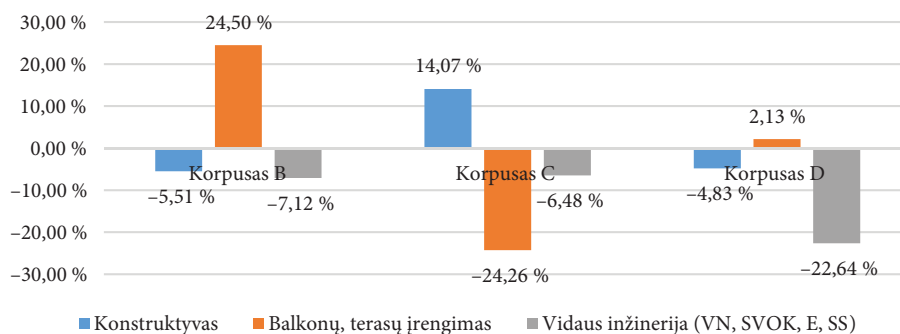
3 paveikslas. Analizuojamojo pastatų komplekso informacijos srautai koncepcijos, projektavimo ir statybos etapuose
Figure 3. Information flows on the complex of the analyzed buildings at the conceptual, design and construction stages

2 lentelė. Tyrimo metu nustatytos BIM taikymo naudos, sutaupymai, klaidos ir apribojimai
Table 2. Benefits of BIM application, savings, errors and limitations identified during the study

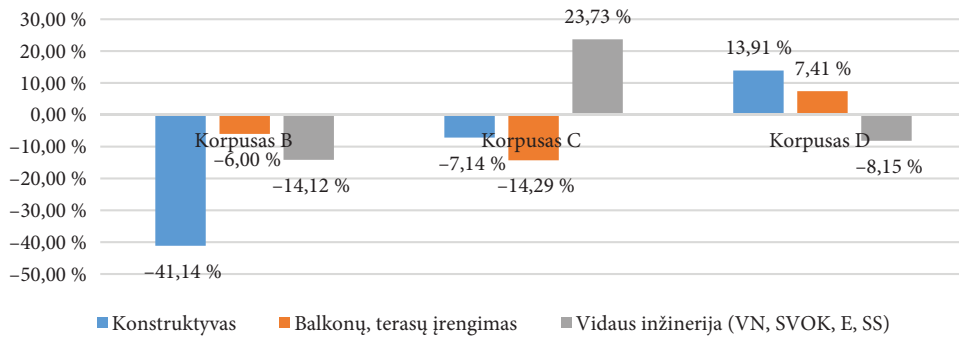
	KOMPLEKSO KORPUSAI		
	„D“	„C“	„B“
KLAIDOS	<ol style="list-style-type: none"> Trūkstamos arba per didelės angos perdangose (inžinerinių tinklų stovams įrengti); netinkamai suprojektuoti stogo nuolydžiai bei nenumatytas antrasis lietaus vandens nubėgimo taškas nuo pastato antstato dalies. Suprojektuotas keleivinio lifto sustojimas 10 a., nors šiame aukšte yra tik išėjimas ant stogo (šis sustojimas statybos metu buvo panaikintas). Netinkamai suprojektuoti aukščiai ties pastato išėjimu į vidinį kiemą (nenumatyti atitinkami nuolydžiai nuo pastato). Nenumatyta didžiųjų stogo kaminų konstrukcija (statybos metu buvo projektuojama metalinė kaminų konstrukcija, tai sustabdė stogo įrengimo darbus); nenumatytas sienos šiltinimas stogo didžiojo kamino susijungimo / susilietimo su namo siena vietoje. 	<ol style="list-style-type: none"> Nepakankamai detalizuotas koridoriaus fasado-vitrinos įrengimas projekte (statybos metu teko spręsti fasado sandarumo, šilumos izoliavimo užtikrinimo bei viso fasado tvirtinimo klausimus); nesuprojektuoti / nepateikti išlipimo ant stogo liuko įrengimo mazgai. Nepateikti / nesuprojektuoti grindų užbaigimo mazgai ties fasadu (tarpas tarp fasado ir grindų konstrukcijos). Trūkstamos arba per didelės angos perdangose (inžinerinių tinklų stovams įrengti); suprojektuotos inžinerinės šachtos koridoriuose (skaitiklių ir kt.) buvo per mažos. Nenumatytas inžinerinių vamzdynų (šildymo, vandentiekio) stovų, einančių koridoriuje, uždengimas / apdailinimas. 	<ol style="list-style-type: none"> Suprojektuotos per mažos angos dūmų šalinimo bei oro tiekimo vožtuvams monolitiniuose koridoriaus sienose; nenumatytas vandens išsiurbimas ir ugniagesių lifto prieduobės. Visiškai nesuprojektuota dūmų šalinimo sistemos valdymo sistema; neradus įmanomo racionalaus sprendimo viršslėgiui į ugniagesių liftą įrengti, visa sistema buvo perprojektuota ir perkelta ant stogo. Netinkamas „EXIT“ ženklų išdėstymas (neatitinkantis gaisrinės saugos dalies). Nesuprojektuotos dūmų šalinimo ir oro pritekėjimo sistemų ventiliatorių bei ortakių įrengimo / atrėmimo ant stogo vietos.
NAUDOS	<ul style="list-style-type: none"> Antžeminė dalis: 4,83 % sutaupė. Balkonų, terasų įrengimas: 2,13 % pabrango. Vidaus inžinerija (VN, ŠVOK, E, SS): 22,64 % sutaupė. 	<ul style="list-style-type: none"> Antžeminė dalis: 16,38 % pabrango. Balkonų, terasų įrengimas: 24,26 % sutaupė. Vidaus inžinerija (VN, ŠVOK, E, SS): 6,48 % sutaupė. 	<ul style="list-style-type: none"> Antžeminė dalis: 5,51 % sutaupė. Balkonų, terasų įrengimas: 32,46 % pabrango. Vidaus inžinerija (VN, ŠVOK, E, SS): 7,12 % sutaupė.
SUTAUPYMAI	<ul style="list-style-type: none"> Antžeminė dalis: 4,83 % sutaupė. Balkonų, terasų įrengimas: 2,13 % pabrango. Vidaus inžinerija (VN, ŠVOK, E, SS): 22,64 % sutaupė. 	<ul style="list-style-type: none"> Antžeminė dalis: 16,38 % pabrango. Balkonų, terasų įrengimas: 24,26 % sutaupė. Vidaus inžinerija (VN, ŠVOK, E, SS): 6,48 % sutaupė. 	<ul style="list-style-type: none"> Antžeminė dalis: 5,51 % sutaupė. Balkonų, terasų įrengimas: 32,46 % pabrango. Vidaus inžinerija (VN, ŠVOK, E, SS): 7,12 % sutaupė.

„C“ ir „D“ planuotą ir faktinį biudžetus buvo gautas suvestinis planuoto ir galutinio biudžeto pasiskirstymas procentine išraiška (4 paveikslas). Iš 4 paveikslas matyti, kad statant „B“ korpusą pavyko sutaupyti antžeminės dalies ir vidaus inžinerijos darbams, atitinkamai 5,51 % ir 7,12 %, balkonų ir terasų įrengimas pabrango 24,5 %.

Statant „C“ korpusą pavyko sutaupyti balkonų, terasų bei vidaus inžinerijos darbams, atitinkamai 24,26 % ir 6,48 %, antžeminės dalies darbai pabrango 14,07 %. Statant „D“ korpusą pavyko sutaupyti antžeminės dalies ir vidaus inžinerijos darbams, atitinkamai 4,83 % ir 22,64 %, balkonų, terasų įrengimas pabrango 2,13 %.



4 paveikslas. Suvestinis viso komplekso planuoto ir faktinio biudžeto pokyčio pasiskirstymas procentine išraiška
Figure 4. The total distribution of the planned and final budget of the whole complex in percentage



5 paveikslas. Suvestinis viso komplekso planuotos ir galutinės statybos trukmės pokyčio pasiskirstymas procentine išraiška
Figure 5. The total distribution of the planned and final duration of the whole complex in percentage

Palyginus projekto gyvenamųjų korpusų „B“, „C“ ir „D“ planuotą ir faktinę statybos trukmę, buvo gautas suvestinis planuotos ir faktinės statybos trukmės pasiskirstymas procentine išraiška (5 paveikslas).

Išvados

BIM taikymo statybos projekte efektyvumui vertinti buvo pasiūlyti kokybiniai ir kiekybiniai vertinimo kriterijai: planuotų ir faktinių projekto sąnaudų pokytis (%), planuotų ir faktinių projekto sąnaudų kitimas (EUR), planuotos ir faktinės projekto trukmių pokytis (%), planuotos ir faktinės projekto trukmių skirtumas (darbo dienomis), BIM taikymo mastas organizacijoje, BIM išsamumo lygis, BIM pajėgumo lygis, BIM brandos lygis. Kiekybinių kriterijų vertėms nustatyti buvo pasiūlyti skaičiavimo metodai, o kokybiniais kriterijams pasiūlyti vertinimo būdai.

Pateikta atvejo analizė iliustruoja BIM projektų vertinimo metodikos praktinį pritaikomumą. Tyrimo metu buvo nustatyta, kad vykdant analizuojamą BIM projektą buvo nepakankamai kokybiškai paruoštas techninis projektas, buvo daug techninio projekto pakeitimų, inicijuotų užsakovo. Nustatyta, kad BIM metodologijos taikymas padėjo sumažinti statybos proceso rizikas, dėl BIM metodologijos taikymo nežymiai pagerėjo duomenų mainai.

Sujungiant siūlomus kriterijus su daugiaktisiais metodais grįstu modeliu galima rasti racionalų BIM technologijų taikymo sprendimą. Siūlomi kriterijai yra universalūs ir todėl gali būti taikomi BIM technologijų efektyvumui vertinti įvairiuose projektuose, kai reikalingos ekspertų žinios.

Literatūra

Abanda, F. H., Tah, J. H. M., & Cheung, F. K. T. (2017). BIM in off-site manufacturing for buildings. *Journal of Building Engineering*, 14, 89-102. <https://doi.org/10.1016/j.jobte.2017.10.002>
 Akanbi, L. A., Oyedele, L. O., Akinade, O. O., Ajayi, A. O., Delgado, M. D., Bilal, M., & Bello, S. A. (2018). Salvaging building materials in a circular economy: A BIM-based whole-life performance estimator. *Resources. Conservation and Recycling*, 129, 175-186. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.10.026>

Arayici, Y., Fernando, T., Munoz, V., & Bassanino, M. (2018). Interoperability specification development for integrated BIM use in performance based design. *Automation in Construction*, 85, 167-181. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.10.018>
 Cavka, H., Staub-French, S., & Poirier, E. A. (2017). Developing owner information requirements for BIM-enabled project delivery and asset management. *Automation in Construction*, 83, 169-183. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.08.006>
 Ciribini, A. L. C., Mastrolembo, S. V., & Paneroni, M. (2016). Implementation of an interoperable process to optimise design and construction phases of a residential building: A BIM Pilot Project. *Automation in Construction*, 71(1), 62-73. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2016.03.005>
 Ghaffarianhoseini, A., Tookey, J., Ghaffarianhoseini, A., Naismith, N., Azhar, S., Efimova, O., & Raahemifar, K. (2017). Building Information Modelling (BIM) uptake: Clear benefits, understanding its implementation, risks and challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 75, 1046-1053. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.083>
 Hattab, M. A., & Hamzeh, F. (2018). Simulating the dynamics of social agents and information flows in BIM-based design. *Automation in Construction*, 92, 1-22. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.03.024>
 Yuan, Z., Sun, C., & Wang, Y. (2018). Design for manufacture and assembly-oriented parametric design of prefabricated buildings. *Automation in Construction*, 88, 13-22. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.12.021>
 Kassem, M., & Succar, B. (2017). Macro BIM adoption: Comparative market analysis. *Automation in Construction*, 81, 286-299. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.04.005>
 Miettinen, R., & Paavola, S. (2014). Beyond the BIM utopia: approaches to the development and implementation of building information modelling. *Automation in Construction*, 43, 84-91. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2014.03.009>
 Park, C. S., Kim, H. J., Park, H. T., Goh, J. H., & Pedro, A. (2017). BIM-based idea bank for managing value engineering ideas. *International Journal of Project Management*, 35, 699-713. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2016.09.015>
 Pavlovskis, M., Antucheviciene, J., & Migilinskas, D. (2016). Application of MCDM and BIM for evaluation of asset redevelopment solutions. *Studies in Informatics and Control*, 25(3), 293-302. <https://doi.org/10.24846/v25i3y201603>
 Schlueter, A., & Geyer, P. (2018). Linking BIM and Design of Experiments to balance architectural and technical design factors for energy performance. *Automation in Construction*, 86, 33-43. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.10.021>

- Singh, V., & Yalcinkaya, M. (2016). *Data aggregation and information search in AEC/FM industry*. Retrieved from: <https://www.bimthinkspace.com/project-management/>
- Smith, P. (2014). BIM Implementation – Global Strategies. *Procedia Engineering*, 85, 482-492. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.10.575>
- Succar, B., & Kassem, M. (2015). Macro-BIM adoption: Conceptual structures. *Automation in Construction*, 57, 64-79. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2015.04.018>
- Succar, B., Sher, W., & Williams, A. (2012). Measuring BIM performance: Five metrics. *Architectural Engineering and Design Management*, 8(2), 120-142. <https://doi.org/10.1080/17452007.2012.659506>
- Won, J., & Leeb, G. (2016). How to tell if a BIM project is successful: A goal – driven approach. *Automation in Construction*, 69, 34-43. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2016.05.022>

THE CRITERIA FOR THE ASSESSMENT OF BUILDING INFORMATION MODELING APPLICATION EFFICIENCY AND CASE STUDY

A. Kiaulakis, T. Vilutienė, D. Migilinskas

Abstract

The article proposes a system of criteria for assessing the effectiveness of BIM projects. Proposed criteria are divided into two groups: quantitative (calculated using formulas) and qualitative (scores are calculated according to the proposed scales). The criteria system includes assessment of time and cost variations, organizational scale of BIM deployment, BIM competency granularity level, BIM capability level, BIM maturity level. The criteria are intended to evaluate the already implemented BIM projects. In the study, the criteria were adapted for the evaluation of real project results, the findings, limitations and difficulties of the project, and the benefits of the application of the BIM were analyzed. The application of the methodology allows to assess the level at which BIM technology applied to construction projects. The collection of such data may lead to a constant monitoring of the BIM developing in the country.

Keywords: BIM, construction project, efficiency indicators, criteria system.