

Civil engineering Statybos inžinerija

BIM DIMENSIJOS LITERATŪROJE: APŽVALGA IR ANALIZĖ

Gintarė PIASECKIENĖ *

Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Vilnius, Lietuva

Gauta 2021 m. balandžio 1 d.; priimta 2021 m. gruodžio 7 d.

Santrauka. BIM (angl. *Building Information Modelling*) yra nagrinėjamas visame pasaulyje, tačiau BIM dimensijos dar iki šiol nėra aiškiai apibrėžtos ir išsamiai išnagrinėtos. Šiuo metu pasaulyje yra priimtas bendras susitarimas tik iki penktos dimensijos, o nuo šeštos dimensijos bendro susitarimo nėra. Tyrimo metu buvo analizuojamos BIM dimensijos literatūros šaltiniuose bei atlikta jų privalumų ir trūkumų analizė. Išanalizuoti privalumai ir trūkumai buvo sugrupuoti pagal BIM dimensijas.

Reikšminiai žodžiai: BIM, BIM dimensija, BIM dimensijų privalumai, BIM dimensijų trūkumai.

Įvadas

Statybos sektorius, kaip ir dauguma kitų sektorių, pereina prie išmaniųjų technologijų. Todėl statybos sektoriaus įmonės iš tradicinės statybos pereina prie skaitmeninės statybos, įvairios įmonės pradeda naudoti BIM (angl. *Building Information Modelling*, o liet. SIM, statinio informacinis modeliavimas) – statinių informacinio modeliavimo technologijas. Tačiau ne visos įmonės gali ar nori atsisakyti tradicinės statybos. Taip yra dėl įvairių priežasčių, pavyzdžiui, tokių kaip kvalifikuotų specialistų ir standartų trūkumas, brangi technologinė įranga ir kt. (Park & Lee, 2017).

Įmonės, kurios įsidiėgė BIM technologijas, gavo įvairios naudos, jų darbas tapo efektyvesnis, pagerėjo darbo produktyvumas ir rezultatai (Chiu & Lai, 2020), pagerėjo komunikacija tarp projekto dalyvių (Chan et al., 2019; Chen et al., 2020) ir kt. Nors BIM nauda yra nenuginčijama, BIM technologijos turi ir trūkumų, pavyzdžiui: „standartų trūkumas“ (Chan et al., 2019; Sun et al., 2020; Borges Viana & Marques Carvalho, 2021), „didelės investicijos“ (Sun et al., 2020), „neaiškiai apibrėžtos atsakomybės“ (Chiu & Lai, 2020; Sun et al., 2020; Borges Viana & Marques Carvalho, 2021).

Siekiant sumažinti trūkumus, atliekami tyrimai, kuriais remdamiesi BIM technologijų specialistai gali suformuluoti strategijas ir priemones, padedančias sumažinti BIM technologijų taikymo problemas. Šios strategijos ar priemonės ne tik padeda spręsti problemas, bet ir padeda stiprinti BIM technologinę vertę, o BIM technologijų kū-

rėjams padeda sumažinti trūkumus, tobulinti esamas bei kurti naujas efektyvesnes technologijas (Sun et al., 2020).

Išanalizavus įvairią mokslinę literatūrą, nustatyta, kad pasaulyje nėra priimtose vieningos nuomonės dėl BIM dimensijų, šiuo metu mažiausiai diskusijų kyla dėl dimensijų iki 5D, o pasak Koutamnis (2020), Charef et al. (2018), Montiel-Santiago et al. (2020) bei kitų autorių, nuo 6D BIM bendro susitarimo nėra. Įvairūs autoriai skirtingai apibrėžia, kokie parametrai, duomenys turėtų būti nuo 6D BIM dimensijos. Todėl šio darbo tikslas – atlikti literatūros apžvalgą ir BIM procesų valdymo dimensijų analizę.

1. BIM dimensijos

„BIM matmenys nurodo tam tikrą būdą, kaip skirtingų rūšių duomenys susiejami su informaciniu modeliu. Kiekviena dimensija ir prie jos pridėti duomenys suteikia platesnį supratimą apie projektą, tai yra: kaip jis bus pastatytas, kada bus pastatytas, kokia bus jo kaina ir pan.“ („Trimble“ Inc., 2018).

Remiantis įvairiais moksliniais straipsniais ir kitais šaltiniais, pirmąsias penkias BIM dimensijas galima apibrėžti taip: 1D BIM – procesas ir valdymas, 2D BIM – modeliavimas, 3D BIM – trimatis modeliavimas, 4D BIM – statybų planavimas, 5D BIM – išlaidų planavimas, stebėjimas ir kontrolė (Charef et al., 2018; Vijayeta, 2019; Koutamnis, 2020; Darko et al., 2020)

*Autorius susirašinėti. El. paštas gintare.piaseckiene@stud.vilniustech.lt

6D BIM ir 7D BIM dimensijų informacija priskiriama remiantis Koutamanis (2020), GhaffarianHoseini et al. (2017b), Charef et al. (2018) ir kitų mokslininkų straipsniais. Toks priskyrimas dažniau pasitaiko mokslinėje literatūroje, nors pasitaiko šaltinių, pavyzdžiui, Darko et al. (2020) straipsnyje, kuriuose 6D BIM informaciją susieja su eksploatacijos valdymu, o 7D BIM informaciją susieja su tvarumu.

Dėl 8D BIM daug diskusijų neįyla, moksliniuose straipsniuose ir kituose šaltiniuose ši dimensija siejama su nelaimingų atsitikimų prevencija.

Dėl 9D BIM ir 10D BIM nuomonės išsiskiria. Autoriai Kulkarni et al. (2018) 9D BIM apibrėžia kaip esamų pastatų skenavimą ir nuskenuotų duomenų pavertimą į modelius, o 10D BIM apibrėžia kaip papildytosios realybės (AR, angl. *Augmented Reality*) panaudojimą statybose. Pavyzdžiui, Kinijos įmonė „Gammon Construction“ Ltd. (2020) 9D BIM sieja su dronų ir gamybos mašinų valdymu, o 10D BIM sieja su dirbtinio intelekto integravimu statybose. Indijos įmonė „CentreLine Studio“ Llp, „Utilizando BIM“, „LinkedIn“ Corp. 9D BIM sieja su LEAN valdymo filosofijos įvedimu statybų sektoriuje, o 10D BIM sieja su pramonine statyba, industrializacija ir nori padaryti civilinės statybos sektorių produktyvesnį, integruojant naujausias technologijas. Evans ir Farrell (2021) LEAN integravimą į BIM siūlo susieti su 10D BIM. „DataLaing Engineering“ (2020) 9D BIM sieja su statybos valdymu, o 10D BIM su skaitmeniniu dvyniu. „nmcn“ (2020) 9D BIM sieja su LEAN integravimu, o 10D BIM su bendra projekto nauda. Vycical ir Jarský (2020) 9D BIM sieja su aplinkos planavimu.

Remiantis straipsniais, paskelbtais tarptautiniuose mokslo žurnaluose, konferencijų straipsniais ir kita literatūra, toliau pateikiama BIM dimensijų apžvalga.

1.1. 1D BIM procesas ir valdymas

1D BIM (angl. *First Dimension*) – tai procesų ir valdymo dimensija („CentreLine Studio“ Llp, 2020). „LinkedIn“ Corp. (2020), „nmcn“ Ppc. šią dimensiją susieja su projekto valdymu, įstatymais, standartais, sutartimis. Remiantis Vijayeta (2019) konferencijos medžiaga, 1D dimensiją galima išskirti į tris kategorijas:

- tyrimų: esamų sąlygų, reglamentų, standartų, įstatymų, orų modeliavimo, saulės orientacijos, funkcinių programų;
- įgyvendinimo: konsultavimo, BIM valdymo plano (BEP, angl. *BIM Project Execution Plan*), bendros duomenų aplinkos, programinės įrangos;
- koncepcijos dizaino: strategijos, projektuojamos zonos įvertinimo, sąnaudų ir išlaidų įvertinimo, bendro tūrio, prieinamumo, šiuolaikiškumo.

1D dimensija yra reikalinga projekto pagrindui. Šioje dimensijoje nurodomos esamos sąlygos, projekto reikalavimai, tyrimų rezultatai, parengiama funkcinė programa bei pateikiama kita esminė informacija, kuri nurodoma konkrečiuose dokumentuose. Parengtas BIM vykdymo planas padėtų visai projekto komandai tinkamai valdyti

atitinkamus projekto duomenis per visą projekto gyvavimo ciklą ir sklandžiai komunikuoti.

1.2. 2D BIM modeliavimas

2D (angl. *Two Dimensions*) – dvimatė erdvė (plokštuma), naudojama grafiniams primityviems objektams, tokiems kaip kreivės, figūros ir kt., kurti (VŠĮ „Skaitmeninė statyba“, 2017). Ši dimensija naudojama ankstyvajame modeliavimo etape, dvimačiai objektai vaizduojami CAD (angl. *computer-aided design*) brėžiniiais.

Nors BIM tendencijos statybos sektoriuje sparčiai auga, tačiau daugelis projektų visame pasaulyje dar yra projektuojami ir statomi naudojant 2D brėžinius ir BIM modelių derinius. Pasak Park ir Lee (2017), taip yra dėl įvairių praktinių priežasčių, gerai žinomų esamų sistemų, kuriose naudojami 2D brėžiniai, teisinių klausimų, sutartinių sąlygų ir (arba) BIM inžinierių trūkumo. Todėl net ir dabar daugelyje pasaulio regionų 2D brėžiniai vis dar yra vienintelis teisėtas pateikimo dokumentas ir pagrindinė komunikacijos terpė, nepaisant greito pasaulinio BIM plitimo (Park & Lee, 2017).

1.3. 3D BIM trimatis modeliavimas

3D (angl. *Three Dimensions*) – trimatė erdvė, naudojama kuriant taškų rinkinius, sujungiamus į linijas, kreives, plokštumas ir pan., kurias naudojant gaunami tūriniai kūnai. 3D objektai gali būti atvaizduojami kaip daiktai, sukurti realioje erdvė (eksponuojami gyvai); trimačiai optiniai (holograminiai) erdviniai atvaizdai; trimačio objekto kompiuterių simuliuojami dvimačiai atvaizdai. BIM metodologijoje 3D – statinio modeliavimas, t. y. objektinis informacinis statinio modelis, kurio informacijos imtis apribota trimis detalumo lygiais, apibrėžtais statinio elementų geometrija (VŠĮ „Skaitmeninė statyba“, 2017).

3D BIM skiriasi nuo ne BIM 3D CAD modelių. 3D CAD modeliai tik vizualizuoja pastato struktūrą ir pateikia vizualines detales. O 3D BIM suteikia papildomų parametrų, informacijos, kuri naudinga ne tik projektavimo ir statybų etape, bet ir viso pastato gyvavimo laikotarpiu.

1.4. 4D BIM statybos darbų planavimas

4D (angl. *Four Dimensions*) – keturmatė erdvė, kurioje trimatis kūnas dažniausiai atvaizduojamas laiko atžvilgiu. Tai nėra paremta įprastais Euklido erdvių ir fizikos dėsniais, o grindžiama erdvėlaikio samprata. Taigi keturmatę erdvę galima suprasti kaip fiksuojamą trimačio kūno būsenos atvaizdą kitimą laike. BIM metodologijoje 4D – projektavimas, 3D + laikas, t. y. objektinis informacinis statinio modelis, kurio informacijos imtis susideda iš trimatės detalumo lygiais apibrėžtos statinio elementų geometrijos ir laiko parametro, kurio kitimas daro įtaką kitiems modelio elementų parametrų (VŠĮ „Skaitmeninė statyba“, 2017).

4D BIM dimensija literatūroje dažniausiai yra siejama su laiku, planavimu ir saugumo valdymu (Charef et al., 2018). Nesudėtingiems pastatams planuoti užtenka 2D ir 3D BIM modelio duomenų su detaliais darbų tvarkaraščiais, tačiau

sudėtingiems projektams 4D BIM tampa itin naudingas, norint išvengti nesusipratimų ir ginčų.

4D BIM modelio informaciją galima naudoti griovimo etape. Tokiam panaudojimui reikia papildomų duomenų rinkinio, kuris būtų naudojamas priimant sprendimus dėl komponentų pasirinkimo projektavimo etape, o tai ateityje palengvintų griovimo procesą (Charef et al., 2018).

Šios dimensijos modelio informacija taip pat gali būti naudojama statybinių atliekų pakartotiniam panaudojimui ir perdirbimui planuoti. Tokią panaudojimo galimybę aprašė Guerra et al. (2020). Šių autorių straipsnyje (angl. *4D - BIM to enhance construction waste reuse and recycle planning: Case studies on concrete and drywall waste streams*) analizuojamos betoninių ir gipso kartono statybinių atliekų pakartotinio naudojimo ir perdirbimo galimybės, taikant 4D BIM. Šiame straipsnyje teigiama, kad 4D BIM duomenų kiekis, vizualizavimas ir imitavimo galimybės leidžia pagerinti statybinių atliekų pakartotinio panaudojimo ir perdirbimo planavimą dar projektavimo etape. Tokia 4D BIM panaudojimo galimybė pagerintų išteklių naudojimą ir sumažintų išmetamų į sąvartynus statybinių medžiagų kiekį.

Taigi 4D BIM privalumai yra: statybos procesų vizualizavimo laiko juostoje galimybės, laiko optimizavimo galimybė, galimų kritinių problemų įvertinimas bei galimų skirtingų scenarijų parengimas laiko atžvilgiu (Fabozzi et al., 2020).

1.5. 5D BIM išlaidų planavimas, stebėjimas ir kontrolė

5D (angl. *Five Dimensions*) – projektavimas ir 4D + pinigai, t. y. objektinis informacinis statinio kaštų modelis, kurio informacijos imtis susideda iš trimačių detalumo lygiais apibrėžtų objektų – statinių elementų, susietų su laiko ir išteklių, reikalingų, kad elementas realybėje atsidurtų projektinėje padėtyje, parametrais (VšĮ „Skaitmeninė statyba“, 2017).

Pasak Panteli et al. (2020), 5D BIM įrankiai gali padėti tiksliai nustatyti biudžeto reikalavimus, apimties ir medžiagų pokyčius, tokiu būdu projekto komandai pateikdami tikslias pinigų srautų prognozes ir išsamią projekto rizikos analizę.

Kadangi išlaidų vertinimas yra vienas svarbiausių projekto etapų nuo projekto alternatyvų pasirinkimo iki projekto pabaigos, todėl 5D BIM įrankiai tampa ypač aktualūs. Jie suteikia galimybę keisti ir tikslinti duomenis projekto gyvavimo metu bei reguliariai atnaujinti išlaidų ataskaitas. Naudojant 5D BIM įrankius galima ankstyvajame projektavimo etape padėti suinteresuotosioms šalims sudaryti skirtingus projektavimo scenarijus, siekiant pasirinkti mažiausiai išlaidų reikalaujančius sprendimus.

Pasak Vigneault et al. (2020), 5D BIM trūkumai yra gana plačiai išanalizuoti moksliniuose žurnaluose. Tai padėjo 5D BIM dimensijai patobulėti, tapti praktiškesnei, taip, kad ji būtų plačiau naudojama statybų sektoriuje ir kad generaliniai rangovai bei specialistai pradėtų 5D BIM taikymą praktikoje.

Įvairūs autoriai atliko daug tyrimų analizuodami 5D BIM naudą:

- *Kiekių skaičiavimui*. Aibinu ir Venkatesh (2014) bei Stanley ir Thurnell (2014) atliko tyrimą, kuriame buvo nustatyta, kad BIM įrankiai, leidžiantys suskaičiuoti reikalingas medžiagas, suteikia galimybę efektyviau sudaryti statybinių medžiagų poreikio tvarkaraščius. Tačiau Nadeem et al. (2015) atliktame tyrime buvo nustatyta, kad tam tikrų kiekių neišeina paimti iš BIM modelių dėl dabartinių BIM įrankių galimybių trūkumo, modelio struktūros ar dėl to, kad kai kurie elementai tiesiog nėra modeliuojami.
- *Sąnaudų įvertinimui*. 5D BIM įrankiai leidžia susieti kiekių informaciją su kaina ir taip gauti tikslesnes sąmatas.
- *Išlaidų planavimui*. Naudojant BIM modelius su duomenų bazėmis galima 5D BIM įrankiais įvertinti kelias alternatyvas sąnaudų ir išteklių atžvilgiu (Vigneault et al., 2020). Toks alternatyvų įvertinimas gali padėti lengviau priimti reikiamus sprendimus užsakovui.
- *Sąnaudų kontrolei*. Pasak Vigneault et al. (2020), išlaidų kontrolė turėtų būti atliekama reguliariai per visą projekto gyvavimo ciklą, analizuojant skirtingus ekonominius rodiklius.

1.6. 6D BIM tvarumas ir energijos vartojimo efektyvumas

6D (angl. *Six Dimensions*) – pastato informacinis modeliavimas padeda išanalizuoti pastato naudojamą energiją ir dar pradiniuose projektavimo etapuose nustatyti būsimas energijos išlaidas. Apskaičiuojant įvairius statinio gyvavimo etapus, 6D BIM užtikrina tikslų energijos suvartojimo poreikių numatymą. Tai padeda susidaryti vaizdą apie visas turto sąnaudas ir tai, kaip pinigai turėtų būti išleidžiami tvarumui ir ekonomiškumui pasiekti. Tai iš esmės apima informaciją apie komponentų gamintojus ir įrengimo datas, techninės priežiūros grafiką, išsamią konfigūracijos informaciją, kad būtų užtikrintas geriausias našumas, energijos poreikis ir informacija apie eksploatacijos nutraukimą („United BIM“, 2020).

6D BIM nurodo plačiai taikomą statybų pramonėje šešių matmenų pastatų informacijos modeliavimą (Panteli et al., 2020). Ši dimensija susieja 3D CAD atskirus komponentus ar rinkinius su visa projekto gyvavimo ciklo valdymo informacija (Xu, 2017). Tačiau, pasak Montiel-Santiago et al. (2020), ši dimensija yra viena iš mažiausiai naudojamų.

Pasak Montiel-Santiago et al. (2020), naudojant 6D BIM galima gauti pastato energetinį modelį, kuris leidžia imituoti tikrąsias pastato energetines naudojimo savybes, pastato natūralaus ir dirbtinio apšvietimo sistemas ir taip leidžia priimti projektuotojams sprendimus, susijusius su pastato projektavimu ir eksploatacijoje, bei leidžia parinkti tinkamus sprendimus jau esamų pastatų modernizacijai. 6D BIM leidžia išanalizuoti modernizuojamų, renovuojamų pastatų atnaujinimo poveikį energijos suvartojimui ir apšvietimo

pagerinimui bei išanalizuoti galimybes, įtraukti efektyvias atsinaujinančios energijos formas. Montiel-Santiago et al. (2020) atliktame tyrime buvo nustatyta, kad naudojant 6D BIM galima sutaupyti 50 % pastato suvartojamos energijos ir 13 % apšvietimui suvartojamos energijos.

Taigi remiantis nagrinėta literatūra nustatyta, kad 6D BIM įrankių naudojimas padeda sumažinti energijos suvartojimą, padeda projektuotojams priimti sprendimus, susijusius su energijos suvartojimu, padeda analizuoti energijos suvartojimo išlaidas viso pastato gyvavimo ciklo metu. Pasak Pučko et al. (2017), 6D BIM pagrindinis privalumas yra lengva prieiga prie pastato elementų duomenų bazių, iš kurių bet kuriuo metu galima gauti informaciją apie gamintoją, įrangos tipą ir modelį, aptarnavimo intervalus ir technines specifikacijas, kad suinteresuotosios šalys galėtų lengvai valdyti šią informaciją bei, esant poreikiui, ją papildyti.

1.7. 7D pastatų ūkio valdymas

7D (angl. *Seven Dimensions*) – susijusi su pastatų valdytojų ir savininkų vykdomomis operacijomis ir pastatų valdymu. Ši dimensija naudojama pateikti svarbiems turto duomenims, priežiūros / eksploataavimo instrukcijoms, garantinei informacijai, techninei specifikacijai ir kt. 7D BIM yra unikalus tuo, kad viskas, kas susiję su pastato valdymo procesais, yra pateikiama vienoje vietoje – pastato informaciniame modelyje. Tai padeda gerinti paslaugų teikimo kokybę per visą projekto gyvavimo ciklą. Naudojant 7D BIM užtikrinama, kad viskas (konstrukcijos, įrenginiai ir pan.) projekte liktų geriausios būklės nuo pirmosios dienos iki statinio griovimo dienos („United BIM“, 2020).

Įvairūs autoriai ir įmonės 7D BIM nusako panašiai, pavyzdžiui, „United BIM“ 7D BIM apibrėžia kaip pastatų ūkio valdymo dimensiją, Koutamanis (2020) 7D BIM apibrėžia kaip informaciją apie pastato konstrukciją, inžinerinių tinklų, prietaisų eksploatavimą ir priežiūrą. GhaffarianHoseini et al. (2017b) taip pat siūlo 7 BIM apibrėžti kaip prie 3D BIM modelio integruotą informaciją, į kurią būtų įtraukta visa pastato informacija, susijusi su įrenginių valdymu, įskaitant gaminių ir gamintojų duomenimis, techninės priežiūros ir eksploataavimo vadovus.

7D BIM dimensija aprašoma ne tik moksliniuose straipsniuose, bet ir įvairių privačių įmonių internetiniuose puslapiuose. Vienas iš tokių puslapių yra „IndiaCADworks“, kuriame šios dimensijos apibrėžimas sutampa su GhaffarianHoseini et al. (2017a) apibrėžimu. Šiame „IndiaCADworks“ puslapyje akcentuojami trys pagrindiniai 7D BIM privalumai:

- lengvas visos su projektu susijusios informacijos ir dokumentų saugojimas ir gavimas;
- patobulintas ir efektyvesnis turto valdymas;
- ilgesnė turto naudojimo trukmė.

Iš analizuotos literatūros apie 7D BIM galima daryti išvadą, kad šios BIM dimensijos informacija daugeliu aspektų teikia naudos valdymo klausimais įvairioms suinteresuotosioms šalims.

1.8. 8D BIM nelaimingų atsitikimų prevencija

8D (angl. *Eight Dimensions*) – nelaimingų atsitikimų planų sudarymas, siekiant išvengti nelaimingų atsitikimų (Darko et al., 2020).

8D BIM dauguma autorių, pavyzdžiui, Darko et al. (2020), Vycical ir Jarský (2020), sieja su nelaimingų atsitikimų prevencija, Kamardeen (2010) 2010 m. taip pat siūlė profesinės rizikos prevenciją pridėti kaip 8 BIM dimensiją.

Integruojant 8D informaciją į BIM modelį, inžinieriai gali nustatyti rizikas ankstyvajame projektų rengimo etape, imituoti galimus scenarijus, įvertinti konstrukcijas, medžiagas ir įrenginius. O tai gali padėti išvengti pavojų statybų sektoriuje.

Pasak Getuli et al. (2020), efektyvus darbo vietos planavimas ypač svarbus rengiant statybvietės planus ir planuojant visą statybų veiklą. Pagrindinių saugumo užtikrinimo problemų atsiranda dėl netinkamos informacijos sklaidos. Ši problema tampa ypač aktuali dideliuose ir sudėtinguose projektuose. Šioms problemoms spręsti šie autoriai siūlo prie informacinio modeliavimo technologijos pridėti virtualiosios realybės (VR, angl. *Virtual Reality*) technologijas ir AR technologijas. Taikant VR ir AR technologijas būtų galima rengti kokybiškus mokymus, kur pasitelkę šias technologijas darbuotojai galėtų išmokti valdyti sunkiąją techniką, pasiruošti dirbti dideliame aukštyje ir kt. VR technologijos gali leisti įvertinti riziką. Sujungus 4D BIM su VR, AR ir vietos stebėjimu, suinteresuotos šalys galėtų veiksmingai dalytis informacija apie saugą.

Pasak Rodrigues et al. (2020), BIM gali padėti valdyti saugą, taikant taisyklių tikrinimo sistemą, kuri padėtų pašalinti galimas rizikas bei pavojus ir pateiktų išsamias vaizdines ataskaitas.

Rodrigues et al. (2020) aprašė 8D BIM dimensijai sukurtus „Revit“ programinės įrangos papildinius, kurie turi funkcijų, leidžiančių automatiškai numatyti ir aptikti galimus pavojus ir automatiškai pridėti apsaugą nuo atitinkamos rizikos projektavimo etape. Vienas iš „Revit“ papildinių yra „Job Hazard Analysis“. Šis „Revit“ programinės įrangos papildinys identifikuoja riziką darbo vietoje ir parodo saugos procedūras, kurias reikėtų taikyti. Antrasis papildinys „Safeobject“, kuris taiko prevencines priemones, kad pašalintų pavojus ir su jais susijusias rizikas, nustatytas „Job Hazard Analysis“ papildinio. Šie autoriaus aprašyti „Revit“ papildiniai leidžia atlikti pavojaus analizes pagal Portugalijos teisės aktus. O šiuos papildinius sukūrė Rodriguesas 2018 metais.

Rodrigueso sukurtas papildinys gali būti tobulinamas, įtraukiant į jį kitų rūšių pavojus ir rizikas, bei sukurti bibliotekas pagal kitų šalių įstatymus plačiam naudojimui.

1.9. 9D BIM LEAN statyboje

9D (angl. *Nine Dimensions*) informacija susijusi su LEAN statybose (Daros, 2020). Šios dimensijos informacija naudojama efektyviam BIM projekto užbaigimui.

Pasak Daros (2020), rašoma, kad 9D BIM panaudojimas projektuose gali padėti:

- sumažinti procesus, kurie neduoda pridėtinės vertės. Pavyzdžiui, didesnių sunkvežimių naudojimas vietoj mažų padėtų sumažinti važiuojuočių skaičių ir taip sumažinti atvežimo išlaidas. Taip būtų galima nustatyti visą statybos procesą ir pašalinti nereikalingus ar pasikartojančius procesus, kuriuos būtų galima pašalinti arba pakeisti efektyvesniais;
- padidinti pastato vertę, įvedus pakeitimų pagal klientų poreikius sistemą (tokią informaciją galima gauti atlikus rinkos tyrimus su klientais, kurių projektai jau baigti);
- sumažinti kintamumą, tai yra variaciją su tiekėjais, statybos metodais, vykdymo laiku ir kliento poreikiais, taip sumažinant problemų, perdirbimo ir nesuderinamumo tikimybę;
- sumažinti ciklo laiką, sutrumpinus šį laiką įmonė gautų tokios naudos, kaip lengvesnis projektų valdymas, tikslingesnis būsimų projektų vertinimas, turintis tikslesnę statybų sistemą;
- padidinti procesų skaidrumą, valdymo skaidrumas statybvietėje ir už jos ribų būtinas, kad būtų lengviau nustatytos klaidos ir kliūtys.

Pasak Mellado ir Lou (2020), LEAN teikiami pranašumai BIM yra efektyvumo padidėjimas, atliekų mažinimas, pridėtinė vertė, perdirbamų darbų mažinimas ir rezultatų gerinimas projektuose.

1.10. 10D BIM industrializuota statyba

10D (angl. *Ten Dimensions*) – informacija, susijusi su pramoninės statybos nauda, joje išsamiai aprašomos kliūtys, trukdančios produktyvumui statybos pramonėje. Pasitelkiant šią informaciją, padidėtų produktyvumas viso proceso metu – nuo produktyvumo iki infrastruktūros valdymo („CentreLine Studio“ Llp, 2020).

Pasak Daros (2020), 10D BIM dimensijos tikslas – industrializuoti ir padaryti civilinės statybos sektorių produktyvesnį, integruojant naujas technologijas.

Apie tai, kad BIM gali padėti civilinės statybos sektoriui tapti efektyvesniam ir produktyvesniam, rašo ir kiti autoriai. Pavyzdžiui, pasak He et al. (2021), BIM suteikia naujų galimybių paremti kompiuterizuotą pramoninių pastatų projektavimą ir gamybą, užtikrinant didesnę produktyvumą ir ekonomiškumą. BIM parametrinio dizaino naudojimas palengvina pramoninių pastatų modelių pritaikymą plačiam projektų variantų tyrinėjimui. Siekiant palengvinti darbą industrializuotoje statyboje, prie šios dimensijos siūloma pridėti 3D spausdinimo technologiją, kuri, pasak Wu et al. (2016), padėtų pagerinti statybvietėje vykdomą paruošiamąjį darbą. Naudojant 3D spausdinimo technologiją, komponentų gamyba tampa įmanoma be jokių papildomų išlaidų, suteikdama daugiau dizaino pasirinkimų. Tačiau

sėkmingam 3D spausdinimo taikymo įgyvendinimui dar reikia didelio masto pramoninių pastatų plėtos, masinio surenkamųjų darbų pritaikymo bei prieinamesnės šios technologijos kainos.

Taigi remiantis moksliniais straipsniais galima daryti išvadą, kad 10D BIM gali suteikti naudos įvairiais aspektais. Pasak Afzal et al. (2020), jau dabar BIM vis dažniau naudojamas, siekiant įveikti kylančius iššūkius, susijusius su industrializuotomis pastatų sistemomis, pavyzdžiui, padeda vizualizuoti dizainą, pagerina keitimąsi duomenimis ir kt.

1.11. BIM nd arba xD n-matė dimensija

nD arba xD (angl. *n (undefined), x (unknown) Dimensions*) – n-matė (nenustatyta) ir x-matė (kintamo ir nežinomo dydžio) erdvės, dažniausiai atspindinčios ne papildomus matavimus erdvėje, o trimačio kūno būsenos kitimą laike su papildoma kokybine ar kiekybine informacija. BIM metodologijoje nD arba xD – objektinis informacinis statinio modelis, kurio informacijos imtis susideda iš trimačių detalumo lygiais apibrėžtų objektų – virtualių statinių elementų, kurie yra papildyti kitais parametrais tam, kad būtų pasiektas nD arba xD informacijos kūrimo tikslas (pvz., informacija, parengta ūkio valdymui, energetiniam modeliavimas ir kt.) (VŠĮ „Skaitmeninė statyba“, 2017).

Pagal Lee et al. (2005) nD modelis yra 3D BIM modelio pratęsimas, į kurį įtraukta „daugialypė projektavimo informacija, reikalinga kiekviename pastato įrenginio gyvavimo ciklo etape“ (Aouad et al., 2005).

3D BIM išplėtimas į BIM dimensijas sulaukė didelio mokslininkų susidomėjimo, jie bandė susieti BIM su įvairiomis disciplinomis (Park & Cai, 2017). Todėl, siekiant išnaudoti BIM galimybes, pridedami įvairūs aspektai prie 3D BIM modelio.

2. BIM dimensijų privalumai ir trūkumai

Mokslinėje literatūroje ne vieną dešimtmetį yra aptarinėjami BIM ir BIM dimensijų privalumai bei trūkumai, kurie vis dar yra aktualūs šiomis dienomis. Privalumams ir trūkumams nustatyti yra atliekami įvairūs tyrimai, kurių rezultatai padeda įvertinti BIM dimensijų teikiamą naudą bei galimus trukdžius diegimui ir naudojimui.

Remiantis įvairių mokslininkų atliktais tyrimais tyrimo metu buvo išanalizuoti BIM dimensijų privalumai ir BIM dimensijų trūkumai, kurie pateikiami 1 lentelėje.

Iš šių ir kitų atliktų tyrimų galima daryti išvadą, kad BIM dimensijų teikiama nauda yra nenuginčijama, tačiau vis dar yra ir trūkumų. BIM projektų nauda bei trūkumai yra keturiose pagrindinėse kategorijose: žinių, finansų, informacijos ir laiko. BIM dimensijų privalumai ir BIM dimensijų trūkumai pateikiami 1 lentelėje.

1 lentelė. BIM dimensijų privalumai ir trūkumai
Table 1. BIM dimensions strengths and weaknesses

Dimensijos pavadinimas	Privalumai	Nuoroda	Trūkumai / taikymo kliūtys	Nuoroda
1D BIM procesas ir valdymas	Padedą tinkamai valdyti atitinkamus projekto duomenis per visą projekto gyvavimo ciklą (BEP)	Vijayeta (2019)	Nepakankamas kompiuterio programinės įrangos suderinamumas Blogas projekto dalyvių bendradarbiavimas	Chan et al. (2019), Sun et al. (2020), Borges Viana ir Marques Carvalho (2021)
	Efektyvesnė komunikacija	Chan et al. (2019), Chen et al. (2020)	Standartų, protokolų trūkumas	Chan et al. (2019), Chiu ir Lai (2020), Sun et al. (2020), Borges Viana ir Marques Carvalho (2021)
	Sumažėjusi projekto trukmė			
	Patogesnis tarpdisciplininis bendradarbiavimas, koordinavimas	Chiu ir Lai (2020), Chen et al. (2020)		
	Geresnis projektų valdymas	Chiu ir Lai (2020), Al-Ashmori et al. (2020)	Padidėjęs peržiūros ir tvarkymo darbo krūvis BIM specialistų trūkumas	Sun et al. (2020)
	Geresnis klientų aptarnavimas	Chiu ir Lai (2020)	Mokymų ir kursų trūkumas	Chiu ir Lai (2020)
	Padidinta skirtingų disciplinų vertė		Vyriausybės paramos trūkumas	
	Geresnis suinteresuotųjų šalių ir visuomenės įtraukimas		Prastas BIM modelio duomenų valdymas statybų etape	Chan et al. (2019)
	Pagerintas verslo produktyvumas ir rezultatai	Chiu ir Lai (2020), Al-Ashmori et al. (2020)	Patirties stoka	Chan et al. (2019), Borges Viana ir Marques Carvalho (2021)
	Duomenų tikslumas ir nuoseklumas		Duomenų apsaugos problemos	
Laiko taupymas	Chen et al. (2020)	Atsakomybių apibrėžimo problemos	Chiu ir Lai (2020), Borges Viana ir Marques Carvalho (2021)	
		Neaiški duomenų nuosavybės teisė	Sun et al. (2020), Borges Viana ir Marques Carvalho (2021)	
2D BIM modeliavimas	Naudojamas grafiniams primityviems objektams	VšĮ „Skaitmeninė statyba“ (2017)	Daug neatitiktųjų	Al-Ashmori et al. (2020)
	Daugelyje pasaulio regionų 2D brėžiniai vis dar yra vienintelis teisėtas pateikimo dokumentas ir pagrindinė komunikacijos terpė	Park ir Lee (2017)		
3D BIM trimatis modeliavimas	Geresnė dizaino vizualizacija	Chan et al. (2019), Chiu ir Lai (2020)	Dažni pasikeitimai projektavimo etape	Chiu ir Lai (2020)
	Greitesnis projektavimo procesas	Chan et al. (2019), Al-Ashmori et al. (2020)	Dizainui kurti sugaištamo laiko problematika	
	Neatitiktųjų sumažėjimas			
	Sumažėjusios išlaidos dizaino keitimui	Al-Ashmori et al. (2020)		
	Pagerėjusi projekto kokybė	Chan et al. (2019)		

Dimensijos pavadinimas	Privalumai	Nuoroda	Trūkumai / taikymo kliūtys	Nuoroda
4D BIM statybos darbų planavimas	Geresnis statybų planavimas ir kontrolė	Chan et al. (2019), Chiu ir Lai (2020)	Subrangovų, kurie galėtų naudoti BIM technologijas, trūkumas	Chan et al. (2019)
	Statybų eigos stebėjimas realiuoju laiku	Al-Ashmori et al. (2020)		
	Statybos proceso vizualizavimas laiko juostoje	Fabozzi et al. (2020)		
	Laiko optimizavimas			
	Galimybė įvertinti kritines problemas	Mazars ir Francis (2020), Fabozzi et al. (2020)		
	Galimybė kurti skirtingus scenarijus			
	Šios dimensijos modelio informacija gali būti naudojama statybinių atliekų pakartotinio panaudojimo ir perdėbimo planavimui	Guerra et al. (2020)		
	Sutrumpėjęs projektų pabaigimo laikas	Chiu ir Lai (2020)		
5D BIM išlaidų planavimas, stebėjimas ir kontrolė	Geresnis išlaidų įvertinimas ir kontrolė	Chan et al. (2019)	Kiekių paėmimo problemos dėl dabartinių BIM įrankių galimybių trūkumo, modelio struktūros ar dėl to, kad kai kurie elementai tiesiog nėra modeliuojami	Nadeem et al. (2015)
	Galimybė vertinti skirtingas alternatyvas sąnaudų ir išteklių atžvilgiu	Vigneault et al. (2020)		
	Galimybė gauti tikslesnes sąmatas susiejant kiekių ir kainų informaciją	Chiu ir Lai (2020)		
	Sumažėjusios išlaidos	Chen et al. (2020)		
	Galimybė ankstyvajame projektavimo etape sudaryti skirtingus projektavimo scenarijus	Mazars ir Francis (2020)		
	Galimybė apskaičiuoti reikalingas medžiagas, efektyviau sudaryti statybinių medžiagų poreikio tvarkaraščius	Aibinu ir Venkatesh (2014), Stanley ir Thurnell (2014)		
	Sumažėjusi statybos kaina	Chan et al. (2019)		
	6D BIM tvarumas ir energijos vartojimo efektyvumas	Galimybė sumažinti energijos suvartojimą		
Geresnis aplinkosauginis veiksmingumas ir tvarumas		Chiu ir Lai (2020)		
Nauda aplinkai		Chen et al. (2020)		
Galimybė projektuotojams priimti sprendimus, susijusius su energijos suvartojimu		Montiel-Santiago et al. (2020)		
Galimybė analizuoti energijos suvartojimo išlaidas viso pastato gyvavimo ciklo metu		„United BIM“ (2020)		

Dimensijos pavadinimas	Privalumai	Nuoroda	Trūkumai / taikymo kliūtys	Nuoroda
7D pastatų ūkio valdymas	Lengvesnis informacijos ir duomenų rinkimas	Chiu ir Lai (2020)	Nebaigtas BIM modelio pritaikymas	Sun et al. (2020)
	Geresnis gyvavimo ciklo turto valdymas ir našumas	Chiu ir Lai (2020)	Žemos kokybės BIM duomenys	Borges Viana ir Marques Carvalho (2021)
	Viso pastato gyvavimo ciklo informacijos panaudojimas	Chiu ir Lai (2020)		
	Lengvas visos su projektu susijusios informacijos ir dokumentų saugojimas ir gavimas	„IndiaCADworks“(2018); Chan et al. (2019)		
	Patobulintas ir efektyvesnis turto valdymas			
8D BIM nelaimingų atsitikimų prevencija	Galimybė valdyti saugą, taikant taisyklių tikrinimo sistemą	Rodrigues et al. (2020)	Reikalingi patobulinimai	Rodriguesas et al. (2018)
	Galimybė automatiškai numatyti ir aptikti galimus pavojus ir automatiškai pridėti apsaugą nuo atitinkamos rizikos projektavimo etape		Nėra pritaikytas plačiam naudojimui, trūksta programų papildinių ir duomenų archyvų pagal skirtingų šalių įstatymus	
	Pagerintas saugumas	Chan et al. (2019), Chen et al. (2020)		
	VR ir AR technologijų panaudojimas mokymams	Getuli et al. (2020)		
9D LEAN statyboje	Rezultatų gerinimas projektuose	Mellado ir Lou (2020)	Lėtas LEAN pritaikymas	Mellado ir Lou (2020)
	Padidėjusi vertė klientams atliekų sumažinimo, laiko, medžiagų ir finansavimo požiūriu	Gerber et al. (2010)	LEAN metodologijos supratimo ir valdymo problemos	
	Atliekų sumažinimas	Mellado ir Lou (2020), Rischmoller et al. (2006)	Vadovybės pasiryžimo tinkamai taikyti LEAN metodologiją trūkumas	
	Koordinavimo problemų sumažėjimas, taikant LEAN praktiką	Mahalingam et al. (2015)		
	BIM/LEAN integracija	Mahalingam et al. (2015)		
	Galimybė sumažinti kintamumą, tai yra variaciją su tiekėjais, statybos metodais, vykdymo laiku ir kliento poreikiais, taip sumažinant problemų, perdirbimo ir nesuderinamumo tikimybę	Daros (2020)		
	Lengvesnis projektų valdymas			
	Didesnis procesų skaidrumas			
Galimybė sumažinti procesus, kurie neduoda pridėtinės vertės				

Dimensijos pavadinimas	Privalumai	Nuoroda	Trūkumai / taikymo kliūtys	Nuoroda
10D industrializuota statyba	Galimybė dizainui vizualizuoti	Afzal et al. (2020)	Didelės pradinės išlaidos 3D spausdinimo įrangai	Wu et al. (2016)
	Galimybė palengvinti keitimąsi duomenimis		Masinio surenkamųjų darbų pritaikymo trūkumas	
	Galimybė 3D technologijas panaudoti komponentų gamybai ir sumažinti gamybos išlaidas	Wu et al. (2016)	Nepakankama pramoninių pastatų plėtra	
	Paruošiamųjų darbų palengvinimas			

Išvados

Atlikus įvairios mokslinės literatūros apžvalgą nustatyta, kad šiuo metu yra susitarta tik dėl BIM dimensijų iki 5D. Dažniausiai literatūroje BIM dimensijos apibrėžiamos taip: 1D BIM – procesas ir valdymas, 2D BIM – modeliavimas, 3D BIM – trimatis modeliavimas, 4D BIM – statybos darbų planavimas, 5D BIM – išlaidų planavimas, stebėjimas ir kontrolė, 6D BIM – tvarumas ir energijos vartojimo efektyvumas, 7D BIM – pastatų ūkio valdymas, 8D BIM – nelaimingų atsitikimų prevencija, 9D BIM – LEAN statyboje, 10D BIM – industrializuota statyba.

Atlikus literatūros apžvalgą, BIM dimensijų privalumų ir trūkumų analizę, nustatytos pagrindinės BIM dimensijų teikiamos naudos, kurias galima suskirstyti į keturias kategorijas: žinių, finansų, informacijos ir laiko. Nors BIM dimensijų technologijos teikia naudos daugeliu aspektų, jos turi trūkumų, kurių visai pašalinti neįmanoma, bet įmanoma juos sumažinti. BIM dimensijų trūkumus galima suskirstyti į penkis aspektus: teisė, pramonės aplinka, kapitalas, technologijos ir valdymas.

Literatūra

- Afzal, M., Liu, Y., Cheng, J. C. P., & Gan, V. J. L. (2020). Reinforced concrete structural design optimization: A critical review. *Journal of Cleaner Production*, 260, 120623. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120623>
- Aibinu, A., & Venkatesh, S. (2014). Status of BIM adoption and the BIM experience of cost consultants in Australia. *Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 140, 04013021. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)EI.1943-5541.0000193](https://doi.org/10.1061/(ASCE)EI.1943-5541.0000193)
- Al-Ashmori, Y. Y., Othman, I., Rahmawati, Y., Amran, Y. H. M., Sabah, S. H. A., Rafindadi, A. D., & Mikić, M. (2020). BIM benefits and its influence on the BIM implementation in Malaysia. *Ain Shams Engineering*, 11(4), 1013–1019. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2020.02.002>
- Aouad, G., Lee, A., & Wu, S. (2005). From 3D to nD modelling. *Information Technology in Construction*, 10(2), 15–16. <http://www.itcon.org/2005/2>
- Borges Viana, V. L., & Marques Carvalho, M. T. (2021). Prioritization of risks related to BIM implementation in Brazilian

- public agencies using fuzzy logic. *Journal of Building Engineering*, 36, 102104. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2020.102104>
- CentreLine Studio Llp. (2020). *BIM standards*. <https://centrelinestudio.com/bim-standards/>
- Chan, D. W. M., Olawumi, T. O., & Ho, A. M. L. (2019). Perceived benefits of and barriers to Building Information Modelling (BIM) implementation in construction: The case of Hong Kong. *Journal of Building Engineering*, 25, 100764. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2019.100764>
- Charef, R., Alaka, H., & Emmitt, S. (2018). Beyond the third dimension of BIM: A systematic review of literature and assessment of professional views. *Journal of Building Engineering*, 19, 242–257. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2018.04.028>
- Chen, Z., Agapiou, A., & Li, H. (2020). A benefits prioritization analysis on adopting BIM systems against major challenges in megaproject delivery. *Frontiers in Built Environment*, 6(26), 1–29. <https://doi.org/10.3389/fbuil.2020.00026>
- Chiu, W. Y. B., & Lai, J. H. K. (2020). Building information modelling for building services engineering: Benefits, barriers and conducive measures. *Engineering Construction and Architectural Management*, 27(9), 2221–2252. <https://doi.org/10.1108/ECAM-10-2018-0460>
- Darko, A., Chan, A. P. C., Yang, Y., & Tetteh, M. O. (2020). Building information modeling (BIM)-based modular integrated construction risk management – Critical survey and future needs. *Computers in Industry*, 123, 103327. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2020.103327>
- DataLaing Engineering. (2020). *Las 7 dimensiones del BIM propuesta de 3 dimensiones adicionales (8D, 9D Y 10D)*. <https://datalaing.com/site/las-7-dimensiones-del-bim/>
- Daros, J. (2020). *Guia completo: BIM 10D construção industrializada*. <https://utilizandobim.com/blog/bim-10d-construcao-industrializada/>
- Evans, M., & Farrell, P. (2021). Barriers to integrating building information modelling (BIM) and Lean construction practices on construction mega-projects: A Delphi study. *Benchmarking: An International Journal*, 28(2), 652–669. <https://doi.org/10.1108/BIJ-04-2020-0169>
- Fabozzi, S., Biancardo, S. A., Veropalumbo, R., & Bilotta, E. (2020). I-BIM based approach for geotechnical and numerical modelling of a conventional tunnel excavation. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 5, 103723. <https://doi.org/10.1016/j.tust.2020.103723>
- Gammon Construction Limited. (2020). *BIMs many dimensions*. <https://www.gammonconstruction.com/en/BIMs-many-dimensions.php>

- Gerber, D. J., Becerik-Gerber, B., & Kunz, A. (2010). Building information modeling and Lean construction: Technology, methodology and advances from practice. In *18th Annual Conference, International Group for Lean Construction* (pp. 1–11). International Group for Lean Construction.
- Getuli, V., Capone, P., Bruttini, A., & Isaac, S. (2020). BIM-based immersive Virtual Reality for construction workspace planning: A safety-oriented approach. *Automation in Construction*, *114*, 103160. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103160>
- Ghaffarianhoseini, A., Tookey, J., Ghaffarianhoseini, A., Naismith, N., Azhar, S., Efimova, O., & Raahemifar, K. (2017a). 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>
- GhaffarianHoseini, A., Zhang, T., Nwadigo, O., GhaffarianHoseini A., Naismith, N., Tookey, J., & Raahemifar, K. (2017b). Application of nD BIM Integrated Knowledge-based Building Management System (BIM-IKBMS) for inspecting post-construction energy efficiency. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *72*, 935–949. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.12.061>
- Guerra, B. C., Leite, F., & Faust, K. M. (2020). 4D-BIM to enhance construction waste reuse and recycle planning: Case studies on concrete and drywall waste streams. *Waste Management*, *116*, 79–90. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.07.035>
- He, R., Li, M., Gan, V. J. L., & Ma, J. (2021). BIM-enabled computerized design and digital fabrication of industrialized buildings: A case study. *Journal of Cleaner Production*, *278*, 123505. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123505>
- IndiaCADworks. (2018). *BIM implementation – Progressing from BIM 3D to 7D*. <https://www.indiacadworks.com/blog/bim-implementation-progressing-from-bim-3d-to-7d/>
- Kamardeen, I. (2010). 8D BIM modelling tool for accident prevention through design. In *26th Annual ARCOM Conference* (pp. 281–289). Association of Researchers in Construction Management. https://www.arcom.ac.uk/-docs/proceedings/ar2010-0281-0289_Kamardeen.pdf
- Koutamanis, A. (2020). Dimensionality in BIM: Why BIM cannot have more than four dimensions? *Automation in Construction*, *114*, 103153. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103153>
- Kulkarni, A., Ranjha, S., Rajeev, P., Sanjayan, J., & Sierra, C. (2018). Building information modelling-enhancing productivity in rail infrastructure construction. In *1st International Conference on 3D Construction Printing (3DcP), and the 6th International Conference on Innovative Production and Construction* (pp. 1–15). <https://www.researchgate.net/publication/335464714>
- Lee, A., Wu, S., MarshallPonting, A. J., Aouad, G., Cooper, R., Tah, J. H. M., Abbott, C., & Barrett, P. S. (2005). *nD modelling road map: A vision for nD-enabled construction*. University of Salford. <https://usir.salford.ac.uk/id/eprint/35972/1/nD%20Modelling%20Roadmap%20-%20Developing%20a%20Vision%20of%20nD-Enabled%20Construction.pdf>
- LinkedIn Corporation. (2020). *BIM 10 dimensions*. <https://utilizandobim.com/blog/bim-10d-construcao-industrializada/>
- Mahalingam, A., Yadav, A. K., & Varaprasad, J. (2015). Investigating the role of lean practices in enabling BIM adoption: Evidence from two Indian cases. *Construction Engineering and Management*, *141*(7), 05015006. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000982](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000982)
- Mazars, T., & Francis, A. (2020). Chronographical spatiotemporal dynamic 4D planning. *Automation in Construction*, *112*, 103076. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103076>
- Mellado, F., & Lou, E. C. W. (2020). Building information modelling, lean and sustainability: An integration framework to promote performance improvements in the construction industry. *Sustainable Cities and Society*, *61*, 102355. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102355>
- Montiel-Santiago, F. J., Hermoso-Orzaez, M. J., & Terrados-Cepeda, J. (2020). Sustainability and energy efficiency: BIM 6D. Study of the BIM methodology applied to hospital buildings. Value of interior lighting and daylight in energy simulation. *Sustainability*, *12*(14), 5731. <https://doi.org/10.3390/su12145731>
- Nadeem, A., Wong, A. K. D., & Wong, F. K. W. (2015). Bill of quantities with 3D views using building information modeling. *Science and Engineering*, *40*, 2468–2477. <https://doi.org/10.1007/s13369-015-1657-2>
- nmnc. (2020). *The BIM curve*. <https://event.wwtonline.co.uk/wastewater/wp-content/uploads/sites/44/2019/01/8.-Gary-Ross-presentation-no-videos.pdf>
- Panteli, C., Kylili, A., & Fokaides, P. A. (2020). Building information modelling applications in smart buildings: From design to commissioning and beyond A critical review. *Journal of Cleaner Production*, *265*, 121766. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121766>
- Park, J., & Cai, H. (2017). WBS-based dynamic multi-dimensional BIM database for total construction as-built documentation. *Automation in Construction*, *77*, 15–23. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.01.021>
- Park, J. H., & Lee, G. (2017). Design coordination strategies in a 2D and BIM mixed-project environment: Social dynamics and productivity. *Building Research & Information*, *45*(6), 631–648. <https://doi.org/10.1080/09613218.2017.1288998>
- Pučko, Z., Vincek, D., Štrukelj, A., & Šuman, N. (2017). Application of 6D Building Information Model (6D BIM) for Business-storage Building in Slovenia. *Materials Science and Engineering*, *245*, 062028. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/245/6/062028>
- Rischmoller, L., Alarcón, L. F., & Koskela, L. (2006). Improving value generation in the design process of industrial projects using CAVT. *Management in Engineering*, *22*, 52–60. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0742-597X\(2006\)22:2\(52\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0742-597X(2006)22:2(52))
- Rodrigues, F., Antunes, F., & Matos, R. (2020). Safety plugins for risks prevention through design resourcing BIM. *Construction Innovation*, *21*(2), 1471–1475. <https://doi.org/10.1108/CI-12-2019-0147>
- Rodrigues, F., Estrada, J., Antunes, F., & Swuste, P. (2018). Safety through design: A BIM-based framework. In *Sustainable civil infrastructures: Innovative infrastructure geotechnology*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-61645-2_9
- Stanley, R., & Thurnell, D. (2014). The benefits of, and barriers to, implementation of 5D BIM for quantity survey in New Zealand. *Construction Economics and Building*, *14*, 105–117. <https://doi.org/10.5130/ajceb.v14i1.3786>
- Sun, C. S., Xu, H. T., & Jiang, S. H. (2020). Understanding the risk factors of BIM technology implementation in the construction industry: An interpretive structural modeling (ISM) approach. *Engineering Construction and Architectural Management*, *27*, 3289–3308. <https://doi.org/10.1108/ECAM-09-2019-0508>

- Trimble Inc. (2028). *The various dimensions of bim explained*. <https://www.constructionlifecycle.com/operations-management/bim-dimensions/>
- United BIM. (2020). *What are BIM dimensions – 3D, 4D, 5D, 6D, and 7D BIM explained*. <https://www.united-bim.com/what-are-bim-dimensions-3d-4d-5d-6d-7d-bim-explained-definition-benefits/>
- Vigneault, M. A., Botton, C., Chong, H. Y., & Cooper-Cooke, B. (2020). An innovative framework of 5D BIM solutions for construction cost management: A systematic review. *Archives of Computational Methods in Engineering*, 27, 1013–1030. <https://doi.org/10.1007/s11831-019-09341-z>
- Vijayeta, M. (2019). Relevance & applicability of agile driven BIM at conceptual & design phases of a project: A case study. In *PMI India Reserch & Academic Conference 2019* (pp. 613–631). IIM.
- Vycical, M., & Jarský, C. (2020). An automated nD model creation on BIM models. *Organization Technology and Management in Construction*, 11, 2218–2231. <https://doi.org/10.2478/otmcj-2020-0018>
- VšĮ Skaitmeninė statyba. (2017). *BIM terminų žodyno santrauka. BIM dokumentai*. <https://skaitmeninestatyba.lt/dokumentai/>
- Wu, P., Wang, J., & Wang, X. (2016). A critical review of the use of 3-D printing in the construction industry. *Automation in Construction*, 68, 21–31. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2016.04.005>
- Xu, J. (2017). Research on application of BIM 5D technology in Central Grand Project. *Procedia Engineering*, 174, 600–610. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.01.194>

DIMENSIONS OF BIM IN LITERATURE: REVIEW AND ANALYSIS

G. Piaseckienė

Abstract

BIM (Building information modeling) is a process supported by various tools and is widely analyzed all across the world. Still BIM dimensions are not yet clearly classified and analyzed. At this moment, it is agreed to clasifie the main 5 dimensions of BIM. From the 6th onwards there is a wide debate on what each should be. This analysis covers BIM dimensions clarification in science literature adding strengths and weaknesses analysis that has been made for every dimension separately.

Keywords: BIM, BIM dimensions, strengths of BIM dimentions, weaknesses of BIM dimentions.