ISSN: 2029-2341 / eISSN: 2029-2252

VILNIUS TECH
Vilnius Gediminas Technical University

SCIENCE – FUTURE of LITHUANIA

2026
Volume 18
Article ID: mla.2026.26876
Pages 1–6
https://doi.org/10.3846/mla.2026.26876

Civil engineering
Statybos inžinerija

DIRBTINIO INTELEKTO PANAUDOJIMAS OPTIMIZUOJANT PROJEKTAVIMO PROCESĄ STATINIO INFORMACINIO MODELIAVIMO (BIM) PROJEKTAVIMO ETAPE

Edyta URBONĖ✉

Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Vilnius, Lietuva

▪ gauta 2026 m. balandžio 30 d.
▪ priimta 2026 m. birželio 15 d.

Santrauka. Šiuolaikiniuose statybų projektuose, kuriuose taikomas BIM, didžiausi iššūkiai kyla dėl didelio dalyvių skaičiaus ir skirtingų formatų projektinės informacijos kiekio, todėl efektyviam darbui vis dažniau reikia programavimo įgūdžių. Kadangi šių įgūdžių ugdymas užtrunka, dirbtinis intelektas gali padėti projektuotojui programuoti ir automatizuoti laikui imlias, pasikartojančias užduotis modelio koregavimo bei rezultatų išgavimo procesuose. Šiuolaikinės projektavimo įmonės taiko daug skirtingų programinių įrangų visame statinio gyvavimo cikle, tačiau DI padeda sumažinti skirtingų įrankių naudojimą. Kasdieninės užduotys gali būti automatizuotos naudojant programinį kodą neturint specializuotos programinės įrangos, turint tik galutinį produktą – trimatį IFC modelį. Tobulėjant DI technologijoms, greičiau ir kokybiškiau generuojamas programinis kodas dirbtiniu intelektu. Tai reiškia, kad DI atliekamas programavimas tampa vis plačiau taikomas projektuojant statinį, taip pat galima automatizuoti daugiau sudėtingų užduočių.

Reikšminiai žodžiai: statinis informacinis modeliavimas, BIM, dirbtinis intelektas, programavimas, duomenų valdymas, projektavimo automatizavimas.

✉Autorius susirašinėti. El. paštas *edyta.urbone@gmail.com*

1. Įvadas

Statinio informacinio modeliavimo (angl. *Building Information Modeling*, toliau – BIM) projektuotojas kasdien susiduria su laikui imliomis ir pasikartojančiomis užduotimis, tokiomis kaip modeliavimo, brėžinių parengimo, parametrų aprašymo ir klasifikavimo. Dauguma šių užduočių gali būti automatizuotos naudojant programavimo kalba paremtą programinę įrangą arba įskiepius, tačiau projektuotojui dažnu atveju trūksta laiko ir resursų įgyti programavimo įgūdžių. Nemaža dalis projektuotojų pasitelkia dirbtinio intelekto (toliau – DI) programas, padedančias programuoti, tačiau tam reikalingas pakankamas įdirbis, siekiant gauti norimą rezultatą. Šio straipsnio tikslas yra išnagrinėti, kaip galima praktiškai automatizuoti laikui imlias pasikartojančias užduotis modelio koregavimo ir rezultatų išgavimo procese, taikant DI programas.

Pastaraisiais metais mokslinėje literatūroje plačiai nagrinėjamos dirbtinio intelekto taikymo galimybės įvairiose srityse, tačiau konkrečių pavyzdžių projektavimo srityje vis dar trūksta. Iki šiol nėra pakankamai aišku, kokio sudėtingumo modeliavimo užduotys gali būti automatizuotos, neturint programavimo įgūdžių, bet tam pasitelkiant DI kalbos modelius. Šiame straipsnyje nagrinėjami klausimai galėtų prisidėti prie efektyvesnio turimos programinės įrangos panaudojimo, kadangi DI įrankiai dažnai yra prieinami nemokamai, nors ir ribotomis sąlygomis. Tai leistų projektavimo įmonėms atsisakyti pavienių, siaurai pritaikytų įskiepių įsigijimo, kurių rinkoje yra gausu. Kaip rodo praktika, kiekvienas įskiepis ar nauja programa reikalauja papildomų mokymų ir laiko sąnaudų, kad projektuotojas įgustų jas naudoti. Dirbtinio intelekto taikymas programavimo ir projektavimo srityje suteiktų reikšmingų pranašumų, įskaitant ekonominės naudos didinimą, laiko sąnaudų mažinimą, efektyvesnį resursų panaudojimą bei atliekamų užduočių kokybės gerinimą.

Šiame straipsnyje apžvelgiami teoriniai ir praktiniai DI ir programavimo sprendimai BIM metodologija pagrįstame projektavimo procese. Teorinėje dalyje analizuojama duomenų reikšmė šiuolaikiniuose projektuose bei programavimo svarba darbui su dideliu duomenų kiekiu. Kitame tyrimo etape atliekamas interviu su Lietuvoje dirbančiais BIM specialistais, siekiant išsiaiškinti, kurios projektavimo užduotys yra imliausios laikui pagal Lietuvos Respublikos aplinkos ministro išleistą BIM taikymo atvejų aprašą (Statyba 4.0., 2023). Taip pat apklausos metu renkami duomenys apie projektuotojų sukurtų programų panaudojimo sritis bei DI taikymą projektavimo procese. Galutinėje tyrimo

© 2026 Straipsnio autoriai. Leidėjas Vilniaus Gedimino technikos universitetas

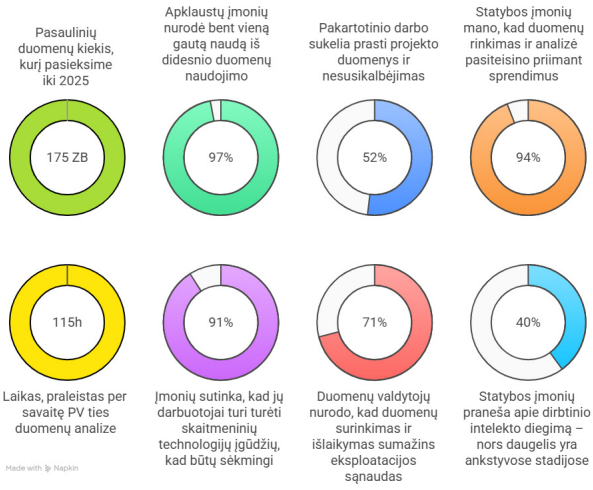
Šis straipsnis yra atvirosios prieigos straipsnis, turintis Kūrybinių bendrijų (Creative Commons) licenciją *(https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)*, kuri leidžia neribotą straipsnio ar jo dalių panaudą su privaloma sąlyga nurodyti autorių ir pirminį šaltinį.

dalyje analizuojami praktiniai programavimo dirbtiniu intelektu taikymo atvejų pavyzdžiai: angų generavimas BIM modelyje, koordinačių tikrinimas ir medžiagų kiekių skaičiavimas.

2. Iššūkiai dirbant su duomenimis BIM aplinkoje

Darbas su šiuolaikiniais statybos projektais kelia daugiau iššūkių nei bet kada anksčiau. Remiantis VILNIUS TECH Statybos fakulteto docento V. Popovo teigimu, pastatui sukurti ir jam prižiūrėti naudojama daug išteklių, planuojami įvairūs procesai, kuriuos atlieka skirtingų specializacijų atstovai (Popov, 2024). Įvairių disciplinų projektuotojai taiko skirtingus darbo metodus ir programas bendram tikslui pasiekti, todėl labai svarbu, kad, nepaisant visų skirtumų, vyktų nenutrūkstamas bendradarbiavimas (Zahedi et al., 2022). Geram BIM projektui sukurti sklandi duomenų mainų reikšmė yra milžiniška.

Analizuojant statistikos duomenis, kuriuos surinko ir pateikė vienas didžiausių projektavimo programinės įrangos kūrėjų *Autodesk*, matyti, kad duomenų reikšmė ateityje vis didės. 2023 metais paskelbtoje ir nuolat atnaujinamoje statistikoje „100+ Construction Industry Statistics“ (Autodesk Construction Cloud, 2025) („Statybos industrijos statistika“) (žr. 1 paveikslą) nurodoma, kiek laiko skiriama darbui su duomenimis ir kokį poveikį tai daro BIM projekto dalyviams. Remiantis 1 paveikslu pateikta statistika, maždaug pusantros darbo dienos per savaitę skiriama duomenų rinkimui ir analizei. Surinkta informacija rodo, kad visi projekto dalyviai nurodo teigiamą poveikį statybos projektui tinkamai renkant, saugant, analizuojant duomenis. Dideli duomenų kiekiai padeda priimti sprendimus, sumažinti statybos ir pastato eksploatacijos sąnaudas. Akcentuotina, kad tobulėjant technologijoms persiunčiami failai tampa vis didesni ir įvairesni, todėl BIM specialistas



1 paveikslas. Duomenų statistika statybose (šaltinis: sudaryta autorės pagal „100+ Construction Industry Statistics“ duomenis, Autodesk Construction Cloud, 2025)

privalo tinkamai paruošti ir prižiūrėti bendrąją duomenų aplinką (angl. *common data environment*, toliau – CDE), kur saugoma gauta informacija. Norint parengti visiems projekto dalyviams tinkamą darbo aplinką, kad duomenys būtų susisteminti ir lengvai visiems pasiekiami, reikia išmanyti skirtingas programinių įrangų funkcijas, failų tipus ir technines kompiuterio galimybes.

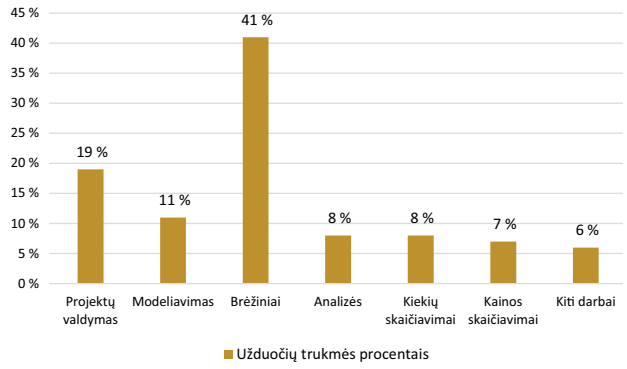
Aibinu ir Papadonikolaki atlikus tyrimą galima teigti, kad BIM specialisto svariausias tikslas yra užtikrinti kokybišką projektą, pagal kurį bus statomas realus statinys (Aibinu & Papadonikolaki, 2020). Remiantis šių autorių darbu, projektavimo metu išskiriamos pagrindinės užduotys: projekto valdymas, modeliavimas, brėžinių parengimas, analizės, kiekių, kainos skaičiavimai, kiti darbai (žr. 2 paveikslą). Šio tyrimo metu parengta statistika rodo, kad daugiausiai laiko skiriama brėžiniams generuoti (43 % viso projektavimo laiko) ir projektams valdyti (19 % viso projektavimo laiko). Projektavimo etape dažnai keičiami prieš tai priimti sprendimai. Todėl turi būti pakeista nemažai jau sukurtų aukšto detalumo 3D elementų ir brėžinių, tai neišvengiamai palieka projektinių klaidų. Vadovaujantis *Autodesk* „100+ Construction Industry Statistics“ surinktais duomenimis dideli duomenų kiekiai teikia reikšmingą naudą, tačiau būtina skirti pakankamai laiko tų duomenų analizei.

Zahedi straipsnyje nagrinėjama, kad tinkamas informacijos dokumentavimas gali padėti efektyviau pakartotinai panaudoti projektavimo žinias (Zahedi et al., 2022). Analizuojant šiame skyriuje aptartus tyrimus, galima teigti, kad šiuolaikiniuose projektuose BIM specialistas privalo mokėti greitai analizuoti informaciją ir priimti sprendimus, siekdamas atlikti būtinuosius projektinius pakitimus. Dėl nuolatinio poreikio keistis dideliais duomenų kiekiais atsiranda būtinybė automatizuoti procesus, kuriems reikalingos programavimo žinios. Tinkamai sprendžiant darbo su duomenimis iššūkius, galima reikšmingai padidinti standartinių projektavimo procesų efektyvumą.

3. Programavimas BIM aplinkoje

Autodesk savo metinėje ataskaitoje „2024 State of design and make report“ (Autodesk, 2024) teigia, kad šiuolaikinės statybos įmonės pabrėžia skaitmeninių technologinių įgūdžių svarbą atsižvelgiant į šiuolaikinių specialistų kompetencijas. Kadangi BIM koncepcija remiasi struktūrinta, klasifikuota, duomenų bazių principu valdoma sistema, programavimas tampa neatsiejama BIM dalimi. Tikėtina, kad statybos pramonės transformacija spartės tuomet, kai vis daugiau inžinierių programavimą taikys kaip įprastą darbo priemonę, leidžiančią automatizuoti procesus ir gerinti projektavimo kokybę.

Programinę įrangą kurianti bendrovė *Revizto* savo išleistame straipsnyje „What is BIM Automation? The Importance of BIM Automation Tools“ (2024) (liet. „Kas yra BIM automatizavimas? BIM automatizavimo įrankių svarba“) pastebi, kad programavimo žinios padeda sisteminti, apdoroti, konvertuoti duomenis. *Python* programavimo kalba yra viena plačiausiai naudojamų visame pasaulyje



2 paveikslas. Užduočių pasiskirstymas viso projekto metu (šaltinis: Aibinu & Papadonikolaki, 2020)

ir yra tinkama projektavimo užduotims. Kai kurios projektavimo programos turi tarpininkus, kurie leidžia kurti automatizavimo komandas (angl. *Script*) parametriniam ir algoritminiam dizainui kurti. Dažniausiai šios komandos rašomos *Python* kalba. Be to, dauguma programinių įrangų turi savo API (ang. *Application Programming Interface*). Straipsnio autorius Li nagrinėja *Autodesk Revit API* taikymo galimybes gelžbetoninių elementų projektavimo srityje (Li et al., 2023). *Revit API* naudojama norint pasiekti grafinius elementų duomenis ir parametrinę informaciją, tačiau tam būtina įdiegti papildinius. Įdiegti papildiniai tobulina vartotojo sąsają bei automatizuoja pasikartojančius darbus, integruojant programą su duomenų bazėmis arba konvertuojant duomenis į kitus formatus. Li tiriamajame darbe *Revit API* intergruojama su C# programavimo kalba. Taigi, remiantis šiame skyriuje analizuojamais šaltiniais, projektuotojui svarbu gebėti dirbti ne tik su *Python*, bet ir su *C#* programavimo kalbomis, nes tai priklauso nuo naudojamos programinės įrangos.

Programavimas statinio projektavimo procese naudojamas ne tik modeliavimo programoms, bet ir duomenų saugojimui ir apdorojimui (Pangarkar, 2025). Jau dabar projektuose pasitelkiamos makrokomandos, kurios nedarbo metu, kai neatliekami failų pakeitimai, automatiškai sinchronizuoja, saugo, atnaujina skirtingų disciplinų modelius debesijos aplinkoje. Šis automatizavimas palengvina BIM koordinatoriaus darbą, mažina laiko sąnaudas, leidžia susikoncentruoti ties projekto svarbiausiomis užduotimis. Tačiau būtina, kad visi projekte sukurti makrojrankiai būtų nuolat prižiūrimi ir atnaujinami. Netinkamai pakeitus modelio failų pavadinimus ar perkėlus juos į kitą debesų aplinkos aplankalą, programa neveiks arba generuos klaidas. Rekomenduotina, kad IT aplinką prižiūrėtų pats BIM koordinatorius, kadangi jis geriausiai išmano projekto organizacinę struktūrą.

Siekiant įvertinti Lietuvoje dirbančių BIM koordinatorių kompetencijas automatizavimo ir programavimo srityse, buvo atliktas interviu tyrimas. Iš viso tyrime dalyvavo 26 respondentai, kurių imtis nustatyta vadovaujantis „Skaitmeninės statybos“, organizacijos, jungiančios statybos sektoriuje veikiančias organizacijas, BIM taikančių įmonių sąrašu. Apklausoje dalyvavo projektuotojai, turintys didelę darbo su BIM modeliu patirtį: architektai, konstruktoriai, mechanikos ir elektros inžinieriai, BIM koordinatoriai ir vadovai. Tyrimas orientuotas į Lietuvos rinkoje vyraujančią problematiką, todėl apklausoje dalyvavo Lietuvoje dirbantys specialistai. 2025 m. spalio mėn. išplatintas klausimynas tema „Dirbtinio intelekto (DI) panaudojimas optimizuojant projektavimo procesą statinio informacinio modeliavimo (BIM) projektavimo etape“. Tyrimo metu siekta nustatyti, su kokiais konkrečiais iššūkiais susiduriama, projektuojant pagal BIM metodologiją, ir įvertinti, ar taikomas programavimas ir DI kylančioms problemoms spręsti. Rengiant klausimyną dauguma klausimų buvo formuluojami kaip atvirieji, todėl apklausa orientuota į kokybinius, ne vien kiekybinius rodiklius. Šio tyrimo tikslas buvo ne tik surinkti statistinius duomenis, bet ir įvertinti naudojamas technologijas bei jų pritaikymą projektavimui automatizuoti. Interviu rezultatai aprašomi tolesniuose skyriuose.

4. Programinio kodo kūrimas dirbtiniu intelektu BIM aplinkoje

Dirbtinis intelektas vis labiau integruojamas daugumoje sričių, ne išimtis ir BIM projekto įgyvendinimas. Interviu tyrimo metu išaiškinus opiausias projektavimo problemas, nustatyta, kad būtina automatizuoti 3D modeliavimą ir brėžinių rengimą. Tačiau modeliavimas yra sudarytas iš daug skirtingų smulkių užduočių, kurių įgyvendinimas gali reikšmingai skirtis. Praktinio tyrimo metu, pasitelkiant DI sukurtą programinį kodą, sprendžiami šie projektavimo uždaviniai:

- automatizuotas angų generavimas naudojant *Dynamo*;
- modelio elementų koordinačių patikrinimas geografinėje informacinėje sistemoje (toliau – GIS);
- kiekių vaizdavimas, sisteminimas ir skaičiavimas naudojant .rvt ir .ifc failų formatus.

Praktinio tyrimo eiga ir rezultatai pateikiami tolesniuose skyriuose. Empirinio tyrimo metu naudoti skirtingi DI kalbos modeliai: *ChatGPT*, vidinė įmonės DI sistema ir *Copilot*. Išbandžius skirtingas DI kalbos modelių versijas (*GPT-3,5*, *GPT-4*, *GPT-4o*, *GPT-5*) pastebėta, kad vėlesnės modelių versijos veikia sklandžiau, pateikia išsamesnius ir tikslesnius atsakymus. Tačiau, lyginant skirtingas DI programas, galima teigti, kad jų veikimo principai yra panašūs, todėl gauti rezultatai neleidžia išskirti vienareikšmiškai pranašesnio modelio.

5. Interviu tyrimo rezultatai

Atliktas rinkos tyrimas su Lietuvoje dirbančiais BIM specialistais leidžia įvertinti specialistų kompetencijas programavimo srityje. Atlikto interviu tyrimo metu gauti rezultatai rodo, kad didelė BIM specialistų dalis naudoja papildomas programas ar įskiepius pasikartojančioms užduotims automatizuoti (1 lentelė). Kai kurie dalyviai pažymėjo, kad patys įskiepių nekuria, o naudoja įmonės įsigytus ar sukurtus.

1 lentelė. Programavimo taikymo galimybės projektavimo procese

Automatizuoti pasikartojančias užduotis (pvz.: parametrų keitimas, įvedimas, brėžinių kūrimas, žiniaraščių parengimas ir pan.)	43 %
Sukurti parametrinį ir algoritminį dizainą sudėtingoms formoms (pvz.: keliai, fasadai, tiltai...)	28 %
Automatizuoti duomenų mainus ir pakitimų valdymą	21 %
Kokios dar galėtų būti programavimo taikymo sritys projektavimo procese?	9 %
Apsaugoti duomenis nuo nutekėjimo	0 %

Taip pat apklausoje, paprašius įrašyti savo programavimo taikymo sritis, buvo paminėta, kad suprogramuoti įskiepiai naudojami duomenims sisteminti, kainoms skaičiuoti, duomenims transformuoti.

Į klausimą, „Ar naudojate DI kalbos modelius savo darbo aplinkoje?“, visi respondentai atsakė teigiamai. Dauguma konkrečiai įvardijo, kad naudoja *ChatGPT* ir *Copilot* kalbos modelius. Atsakymai rodo, kad DI daugiausiai naudojamas duomenims bei dokumentams analizuoti, versti į skirtingas kalbas, santraukoms sudaryti, elektroniniams laiškams kurti, informacijai ieškoti, ypač ieškant su programinės įrangos funkcionalumais susijusios informacijos. Dalis apklaustųjų atsakė, kad naudoja DI nesunkiems programiniams kodams rašyti, klaidoms kode surasti, pavyzdinių programinių kodų paieškai.

Į kitą klausimą, „Ar taikote DI programavimo kodui rašyti projektavimo programose?“, 50 % apklaustųjų atsakė, kad netaiko. Trečdalis visų apklaustųjų specialistų atsakė, kad pasitelkia DI programavimo kodui kurti *Autodesk Revit* aplinkoje. Keli atsakymai konkrečiai įvardijo *Dynamo* scenarijų kūrimą ir *Python* kodo generavimą. Tai rodo gana siaurą dirbtinio intelekto taikymą projektavimo užduotims atlikti. Kai kurie atsakiusieji pažymėjo, kad nemažai laiko skiria ieškodami dirbtinio intelekto panaudojimo galimybių projektavimo programose, tačiau šiuo metu DI technologijos nėra pakankamai pažangios.

Paprašius apklaustųjų nurodyti, kokius BIM taikymo atvejus padėtų įgyvendinti dirbtinis intelektas, buvo gauta keletas įdomių siūlymų. Nors jie ne visada tiesiogiai susiję su Lietuvos Respublikos aplinkos ministro patvirtintais BIM taikymo atvejais, tačiau galėtų prisidėti prie jų įgyvendinimo ir sumažinti statybos metu atsirandančių klaidų tikimybę. Viena iš pasiūlytų idėjų yra atlikti 3D modelio ir brėžinio automatizuotą atitikčių patikrą. Kita idėja būtų panaudoti dirbtinį intelektą esamoms sąlygoms vertinti, kad esami duomenys, saugomi archyvuose, taptų prieinami ir nuskaitomi automatizuotu būdu. Apklausos rezultatai rodo, kad ne visi BIM specialistai akcentuoja privalomuosius BIM taikymo atvejus, kadangi šie reikalaujami tik viešųjų pirkimų metu įgyvendinamuose projektuose. Tai rodo, kad šiuo metu Lietuvoje BIM yra taikomas tik mažai daliai visų projektų, arba, jei šis taikomas tarptautinėse įmonėse, tai gana maža apimtimi, kurią paprastai sudaro projektavimas ir modeliavimas.

Apibendrinus ekspertų interviu rezultatus, galima daryti išvadas, kad absoliuti dauguma BIM specialistų taiko DI duomenų bei dokumentų analizei, tačiau retai taiko kuriant įskiepius projektavimo programoms. Apklausos dalyviai savo atsakymuose konkretizavo, kad dirbtinis intelektas yra puikiai pritaikomas rašymo užduotims atlikti ir informacijos paieškai, tačiau ribotai modeliavimo ir brėžinių kūrimui automatizuoti. Dalyvių nuomone, dirbtinio intelekto technologijos nėra šiuo metu taip puikiai išvystytos, kad galėtų būti taikomos kuriant projektavimo programų papildinius.

6. Praktinio tyrimo rezultatai

Dynamo kodo sukūrimas automatizuotam angų generavimui

Autodesk Revit projektavimo įrangoje nemažai užduočių atliekama pasitelkiant *Dynamo* vizualinę programavimo aplinką. *Dynamo* leidžia išvengti tradicinio kodavimo, nes vietoje to naudoja mazgais pagrįstą sąsają, kurioje jungiami vizualūs blokai (mazgai), kad būtų galima apibrėžti logiką ir darbo eigą. Tačiau nepatyrusiam *Dynamo* vartotojui gali būti sudėtinga sukurti visiškai naują scenarijų (kodą), kadangi *Dynamo* turi didelį kiekį skirtingų blokų, atliekančių skirtingas funkcijas. Taip pat ne visi blokai gali tarpusavyje jungtis, egzistuoja tam tikrų blokų kombinacijos. *Dynamo* vizualiojo programavimo aplinka turi integruotą *Python* kodo bloką, leidžiantį atlikti tam tikras operacijas naudojant *Python* programavimo kalbą. Pastaruoju metu vis dažniau pasitaiko, kad šiuolaikiniai *Dynamo* scenarijai sudaryti iš kelių, tarpusavyje susijusių ir vis sudėtingesnių *Python* kodo blokų, todėl šios programavimo kalbos išmanymas tampa reikšmingas.

Atliekamos užduoties tikslas yra automatizuoti skylių iškirtimą konstrukciniame modelyje vamzdžiams ir ortakiams, nuskaitant šildymo, vėdinimo ir oro kondicionavimo modelio geometriją. Darbų eiga atlikta dviem būdais: pirmuoju būdu scenarijus atliktas per blokus ir jų tarpusavio sąsają, antruoju būdu scenarijus įgyvendintas per *Python* kodavimą, naudojant kuo mažiau blokų, tačiau išplečiant kodo apimtį.

Gauti rezultatai parodė, kad abiem atvejais dirbtiniu intelektu sukurti *Dynamo* scenarijai neveikė. Programa nesuprato parašyto kodo, nors visos anksčiau rodytos programavimo klaidos buvo ištaisytos dirbtiniu intelektu. DI nekuria tiesioginio *Dynamo* scenarijaus, o tik pateikia rekomendacijas, kaip tai atlikti. Pateikti atsakymai nebuvo pakankamai išsamūs ir tikslūs. DI galėtų būti naudojamas kaip pagalbinis įrankis labiau patyrusiam *Dynamo* programuotojui, nes leidžia identifikuoti konkrečius programinių blokų pavadinimus. Tai gali padėti sutaupyti laiko, nes svarbu ne tik rasti reikiamus blokus, bet ir suprasti jų

loginį sujungimą. Užduoties atlikimo metu buvo išbandytos trys *ChatGPT* versijos: *-3,5*, *-3,5 Python ir -4*. Tinkamas rezultatas buvo pasiektas naudojant *ChatGPT-4* versiją, nes ankstesnės versijos pateikė neišsamius arba išgalvotus atsakymus. Taip pat pastebėta, kad DI puikiai generuoja *Python* kodą, pateikdamas išsamų paaiškinimą, už ką atsakinga kiekviena kodo eilutė.

Modelio koordinačių patikra GIS

Projektavimo srityje svarbu įvertinti esamas sąlygas ir aplinką, kurioje bus statomas projektuojamas statinys. Modeliuojant *Revit* programinėje įrangoje galima importuoti esamų sąlygų brėžinius, žemėlapius, taškinius modelius, 3D failus ir kitus duomenis. Dažnai BIM specialistui reikia įvertinti, kaip naujasis statinys integruosis į urbanistinę aplinką, neturint jokios projektavimo programos, pavyzdžiui, kai renovuojamas esamas pastatas arba statomas priestatas. 3D vizualizavimo programos dažnai nepalaiko didelių duomenų kiekių, o GIS duomenų apdorojimas gali būti sudėtingas. Greičiausias būdas patikrinti projektuojamo statinio koordinates GIS aplinkoje yra pastato atvaizdavimas interaktyviame žemėlapyje. Tolesnėje užduotyje sukuriamas interaktyvus žemėlapis programuojant *Python* programavimo kalba. Darbo metu generuojamas *.html* failas su žemėlapiu, kuriame leidžiama peržiūrėti ne tik naujai įkalamų polių poziciją egzistuojančio statinio teritorijoje, bet ir paspaudus ant konkretaus elemento nurodoma informacija apie poliaus ID numerį, gylį ir aukštį.

Užduočiai atlikti naudota *ChatGPT-4o* versija. Lyginant su ankstesnėmis dirbtinio intelekto versijomis, ši veikė kur kas sklandžiau, *Python* kodas generuojamas su mažesniu klaidų skaičiumi. Šio sprendimo taikymas parodė, kad programavimas leidžia integruoti statinių inžineriją ir GIS sistemas į bendrą analizės procesą. Taip pat tyrimo metu padaryta išvada, kad teisinga koordinačių sistemos interpretacija yra kritiškai svarbi tiksliai elementų lokacijai nustatyti. Tačiau naudojant dirbtinį intelektą, šį konvertavimą atlikti yra paprasta – tereikia įrašyti būtinus veiksmus į *Python* kodą.

Medžiagų kiekių skaičiavimai

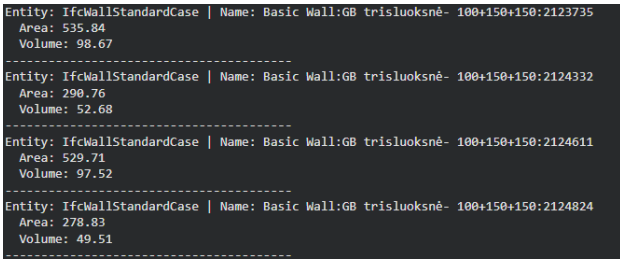
Vienas iš dažniausių BIM keliamų tikslų yra medžiagų kiekių skaičiavimas iš 3D modelio. Tam yra nemažai metodų, leidžiančių apskaičiuoti projektui įgyvendinti reikalingas medžiagas. Dalis įmonių eksportuoja kiekių lenteles tiesiogiai iš *Revit* programinės įrangos, kitos naudoja *Solibri*, kad išgautų reikalingus kiekius iš IFC formato, trečios turi įsigijusios ar pačios sukūrusios specializuotus įskiepius, padedančius sisteminti iš projektavimo programos gautus duomenis. Visais atvejais, projektuojant didelės apimties statinį, susiduriama su dideliais duomenų kiekiais. Dažnu atveju gautų kiekių duomenys eksportuojami į *Excel* lenteles ir toliau analizuojami, siekiant susisteminti informaciją ir susidaryti bendrą projekto medžiagų poreikio vaizdą.

Pirmuoju atveju medžiagų kiekiai skaičiuojami iš *Autodesk Revit* projektavimo programos. DI sukuriamas programinis *Python* kodas, kuris analizuoja iš *Revit* eksportuotus medžiagų kiekių duomenis ir pateikia juos grafiškai. Antruoju atveju analizuojami eksportuoti duomenys iš modelių peržiūros programos *Solibri*. Abiem atvejais nuskaitoma skirtingų formatų informacija, tačiau pateiktos stulpelinės diagramos leidžia greitai atlikti vizualinę patikrą ir palyginti, ar skirtinguose modeliuose pateikti elementų kiekiai sutampa. Turint skirtingų formatų duomenis, naudojant DI ir *Python* galima sukurti jų analitinį atvaizdavimą. Šiuo atveju programinis kodas buvo parašytas taip, kad rezultatas būtų pateiktas grafine forma, tačiau analogiškai galima generuoti ir lentelinį ar kitokios struktūros duomenų pateikimą.

Naudodamasis *Visual Studio Code* (*VSC*) programavimo aplinka, BIM specialistas turi plačias galimybes vizualizuoti turimus duomenis. Svarbiausia užduoties dalis yra nustatyti optimalų duomenų struktūrinimo ir pateikimo būdą, leidžiantį juos lengvai palyginti. Atliekant šią užduotį sunkiausia buvo tiksliai suformuluoti užduotį (angl. *prompt*), kurią turėtų atlikti DI. Užduočių metu sukurti grafikai spausdinti tiesiogiai *Jupiter Notebook* aplinkoje, o pati komanda įvykdoma per maždaug 1 minutę po *Python* kodo pateikimo. Daugiausiai laiko skirta testavimui, kodo logikos detalizavimui ir reikiamų duomenų atrinkimui.

Trečiuoju atveju pasitelkiamas DI nenaudojant jokių BIM specialistui skirtų įrankių. Ankstesnėse užduotyse buvo naudojamos kelios skirtingos programinės įrangos: *Revit*, *Solibri*, *Visual Studio Code* (*VSC*). Šiuos įrankius dažniausiai turi projektavimo įmonės, tačiau pasitelkiant programavimą, pagrindinis tikslas yra išvengti perteklinių papildomų programų naudojimo. Šiam tikslui pasiekti trečias medžiagų kiekių skaičiavimo būdas pritaikomas debesijos pagrindu veikiančioje aplinkoje *Google Colab*. Ši aplinka pasirinkta vietoje *Visual Studio Code*, nes jos nereikia diegti lokaliame kompiuteryje, o pati programavimo aplinka yra laisvai prieinama. Nors programinio kodo struktūra ir vykdymo būdas skirtingų platformų aplinkose skiriasi, nurodžius tai dirbtinio intelekto užduoties apraše, DI automatiškai pritaiko kodą pasirinktam įrankiui. Šio tyrimo metu taip pat buvo naudota *Copilot* (*GPT-5*) kalbos modelio nemokama versija.

Užduoties rezultatai parodė, kad DI sukurtas *Python* kodas veikė – buvo apskaičiuoti faktiniai ploto ir tūrio kiekiai iš architektūrinio, konstrukcinio ir esamų sąlygų modelių (žr. 3 paveikslą). Tačiau lauko tinklų, ŠVOK, elektros, dujotiekio ir kitų inžinerinių disciplinų modeliams aktualūs ilgio ir skersmens parametrai. Todėl pakoregavus *Python* kodą, buvo apskaičiuoti faktiniai inžinerinių sistemų kiekiai. Didžiausia problema, su kuria susiduriama projektavimo rinkoje, yra nepriskirtos arba neteisingai priskirtos IFC klasės inžinerinių sistemų elementams ir neišsamiai suvesti parametrai (BuildingSmart International, n.d.). Dėl to negalima taikyti CDE aplinkoje integruotų skaičiavimo įrankių, nes šie remiasi parametro reikšmėmis. Sukurtas *Python* kodas apskaičiuoja vamzdynų ilgius pagal jų faktinį 3D modelio ilgį. Be to, į šiuos kiekius įtraukiami ir vamzdžių užlenkimai, kurie paprastai neįtraukiami į CDE aplinkoje esančias skaičiuokles. Atlikus kiekių skaičiavimą su skirtingais modeliais, akivaizdu, kad greičiausiai ir lengviausiai apdorojami



3 paveikslas. *Google Colab* aplinkoje atvaizduoti elementų kiekiai

techniškai tvarkingi IFC modeliai. Jei modelyje yra neteisingai priskirtos IFC klasės (IfcBuildingElementProxy) arba trūksta atributų, modelį apdoroti vis dar įmanoma, tačiau tenka modifikuoti *Python* kodą. Automatizavimo efektyvumas priklauso nuo galimybės taikyti vienodas taisykles skirtingiems modeliams. Todėl būtina, kad BIM specialistai aiškiai apsibrėžtų bendras taisykles: nustatyti, kokie elemento atributai įtraukiami į modelį, sukurti jiems bendrus pavadinimus ir vieną bendrą parametrų rinkinį bei tinkamai eksportuoti IFC failus iš gimtųjų failų formato.

7. Išvados

Šiame straipsnyje buvo tiriamos programavimo dirbtiniu intelektu galimybės, siekiant optimizuoti BIM metodologija pagrįstus projektavimo procesus. Atlikto ekspertų interviu rezultatai rodo, kad BIM specialistai dažniausiai taiko DI tekstinių dokumentų analizei, tačiau retai – projektavimui automatizuoti, nes DI gebėjimai kurti kokybiškus modeliavimo įrankius šiuo metu yra riboti. DI padeda surasti informaciją ir generuoti paprastesnius programinius kodus, bet nėra pakankamai pajėgus automatizuoti pačių projektavimo veiksmų *Revit* ar *Dynamo* aplinkose. Atlikto praktinio tyrimo metu naudotos skirtingos DI programos: *ChatGPT*, vidinė įmonės DI sistema ir *Copilot*. Laikui bėgant šios programos buvo nuolat tobulinamos, diegiant naujesnes kalbos modelių versijas: *GPT-3,5*, *GPT-4*, *GPT-4o*, *GPT-5*. Svarbu pažymėti, kad tyrimo laikotarpiu atsirado ir naujų patobulintų DI kalbos modelių, tokių kaip *Gemini* ir *Claude*, kurie prieš kelerius metus buvo tik ankstyvoje kūrimo stadijoje. Šie modeliai šiame tyrime nebuvo analizuojami, todėl būsimuose tyrimuose rekomenduojama išplėsti tiriamų DI sprendimų spektrą. Apibendrinant viso tyrimo rezultatus, vėlesnės DI modelių kalbos versijos, lyginant su ankstesnėmis, geba generuoti *Python* kodą su mažesniu klaidų kiekiu, pateikti išsamesnius ir tikslesnius atsakymus. Tai leidžia teigti, kad DI technologinė pažanga yra akivaizdi ir nuosekli. DI vaidmuo projektavimo rinkoje tik didės, nes jo teikiami privalumai yra reikšmingi: mažinamos laiko sąnaudos, gerinama duomenų kokybė, suteikiama galimybė automatizuoti iki tol rankiniu būdu atliekamus procesus bei plečiamos BIM specialistų veiklos galimybės.

Literatūra

Aibinu, A. A., & Papadonikolaki, E. (2020). Conceptualizing and operationalizing team task interdependences: BIM implementation assessment using effort distribution analytics. *Construction Management and Economics*, *38*(5), 420–446. https://doi.org/10.1080/01446193.2019.1623409

Autodesk. (2024). *2024 State of design and make report*. https://www.autodesk.com/campaigns/state-of-design-and-make-printed-report

Autodesk Construction Cloud. (2025). *100+ construction industry statistics*. https://www.autodesk.com/blogs/construction/construction-industry-statistics/

BuildingSmart International. (n.d.). *IFC 2x3 industry foundation classes*. https://iaiweb.lbl.gov/Resources/IFC_Releases/R2x3_final/

Li, S., Shi, Y., Hu, J., Li, S., Li, H., Chen, A., & Xie, W. (2023). Application of BIM to Rebar modeling of a variable section column. *Buildings*, *13*(5), Article 1234. https://doi.org/10.3390/buildings13051234

Pangarkar, T. (2025, 29 January). Construction software statistics 2025 by best digital technology. *Market.us*. https://scoop.market.us/construction-software-statistics/

Popov, V. (2024). *Statinio gyvavimo ciklo inžinerinis informacinis modeliavimas*: paskaitų konspektai. VILNIUS TECH.

Revizto. (2024). *What is BIM automation? The importance of BIM automation tools*. https://revizto.com/en/what-is-bim-automation/

Skaitmeninė statyba. (n.d.). *Lietuvos įmonės, gebančios kurti skaitmeninės statybos projektų modelius ir taikyti BIM metodologiją*. https://skaitmeninestatyba.lt/imones/

Statyba 4.0. (2023). *BIM taikymo atvejų aprašas* (BIM-LT projektas). https://statyba40.lt/wp-content/uploads/2023/10/13-BIM-taikymo-atveju-aprasas_2023-09-25_PROJEKTAS.pdf

Zahedi, A., Abualdenien, J., Petzold, F., & Borrmann, A. (2022). BIM-based design decisions documentation using design episodes, explanation tags, and constraints. *Journal of Information Technology in Construction* (*ITcon*), *27*, 756–780. https://doi.org/10.36680/j.itcon.2022.037

LEVERAGING ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR OPTIMIZING THE DESIGN PROCESS IN BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) DURING THE PROJECT DESIGN PHASE

Abstract. In modern construction projects that utilize BIM, the greatest challenges arise from the large number of participants and the volume of project information in various formats. As a result, programming skills are increasingly required for effective work. Since developing these skills takes time, this paper examines whether artificial intelligence can assist designers in programming and automating time-consuming, repetitive tasks in the processes of model adjustment and result extraction. Modern design firms use a wide range of software throughout a building's life cycle, but AI helps to reduce the need for multiple tools. Routine tasks can be automated using code without the need for specialised software, provided only the final product – a 3D IFC model – is available. As AI technologies advance, software code is generated more quickly and to a higher standard using artificial intelligence. This means that AI-driven programming is becoming increasingly widespread in building design, and it is also possible to automate more complex tasks.

Keywords: building information modeling, BIM, artificial intelligence, programming, data management, design automation.