



VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

STATYBOS FAKULTETAS

STATYBOS TECHNOLOGIJOS IR VADYBOS KATEDRA

Mantas Sodeika

**IŠORĖS IR VIDAUS APDAILO DARBŲ AUTOMATIZUOTŲ
SĄMATINIŲ SKAIČIAVIMŲ IR EKONOMINIŲ RESURSŲ POREIKIO
ANALIZĖ**

**THE ANALYSIS OF AUTOMATED ESTIMATE CALCULATIONS AND
RESOURCES REQUIREMENTS FOR WORKS OF INTERNAL AND
EXTERNAL FINISHING**

Baigiamasis magistro darbas

Statybos valdymo studijų programa

Statybos technologijos ir vadybos specializacija

Statybos inžinerijos mokslo kryptis

Vadovas prof. hab. dr. L. Ustinovičius

Vilnius, 2005

Vilniaus Gedimino technikos universitetas

Statybos fakultetas

Statybos technologijos ir vadybos katedra

Magistratūros baigiamasis darbas

Pavadinimas: „Išorės ir vidaus apdailos darbų automatizuotų sąmatinių skaičiavimų ir ekonominių resursų poreikio analizė“

Autorius: Mantas Sodeika

Kalba: lietuvių

ANOTACIJA

Šiame darbe nagrinėjama kompiuterinio projektavimo technologija, paremta statiniu grafiniu-informaciniu modeliavimu, kuris turi tokius tikslus: užtikrinti pastato projekto pasisekimą, statybos proceso ir projekto priežiūros valdymą; užtikrinti grafinių ir informacinių duomenų srautų integruotą valdymą, visa tai atliekant bendroje programinėje terpėje; geriau, pigiau, greičiau vykdyti statybos projekto gyvavimo ciklo operacijas. Šiuolaikinis automatizuotas projektavimas, kitaip kompiuterinis projektavimas, pagrįstas objekto modeliavimo metodu: „nuo idėjos iki tikro objekto“. Pagrindinė koncepcijos naujovė – komponentinis modeliavimas.

Įgyvendinant šį projektą buvo suformuluota santykio tarp grafinio-informacinio pastato modelio ir sąmatos koncepcija, sukurtas metodas klasifikuoti projektuojamus elementus ir medžiagas, sukurtos reikalingos programinės priemonės ir duomenų struktūros, atlikta CAD OM ir sąmatinių programų integracija, sukurtas statybos projekto ekonominių rodiklių kompiuterinio įvertinimo metodas, leidžiantis įvertinti projektą interaktyviai.

Kad būtų galima pasirinkti tinkamą dizainą, technologinius ir organizacinius pastatų apdailos variantus, pasiūlytas TOPSIS metodas.

Darbą sudaro 77 puslapiai, 11 paveikslų ir 8 lentelės.

Raktiniai žodžiai: pastato informacinis modelis, sąmata, kompiuterinis projektavimas.

Vilnius Gediminas technical university

Faculty of Civil Engineering

Department of Construction Technology and management

Master's thesis

Title: „The analysis of automated estimate calculations and resources requirements for works of internal and external finishing“

Author: Mantas Sodeika

Language: Lithuanian

SUMMARY

This work deals with the computer aided design technology based on the concept of static graphical – information modeling, which has the following goal: to ensure the succession of the building design, its construction process and project maintenance management; to ensure the integrated management of graphical and information data flows under a unified software environment; to perform life cycle operations of a construction project better, cheaper, and faster. State-of-the-art automated design, to be more specific, computer aided design is based on Object Modeling Technique (OM): “from idea to a real object”. One of the fundamental innovations of this technology includes component modeling.

While implementing this design the concept of the relation between a graphical – information model of a building and estimate calculations has been formulated; technique for classifying design elements and materials has been generated; necessary programming tools and data structures have been developed; integration of CAD OM and EP systems has been performed; technique for computer aided evaluation of economic indicators of a construction project has been composed, enabling to price a project interactively.

For effective design, technological and organizational variants of construction finishing the proposed TOPSIS method has been selected.

The work includes up to 77 pages, 11 pictures and 8 tables.

Keywords: building information modeling, cost estimation, computer aided design.

TURINYS

Įvadas	5
1. Pastatų projektavimas, sąmatos ir daugiakriterinis įvertinimas	8
1.1. 3D projektavimas ir modeliavimas	8
1.2. Sąmatinių skaičiavimo metodų apžvalga	19
1.3. Pastatų ir statinių automatizuoto projektavimo sistemų apžvalga.....	29
1.4. Statyboje taikomi daugiakriterinio įvertinimo metodai ir modeliai	31
2. Automatizuotas sąmatų skaičiavimas	42
2.1. Automatizuotas sąmatų sudarymas 3D CAD terpėje	42
2.2. TE klasifikatorius	52
2.3. Automatizuoto sąmatų skaičiavimo pavyzdys	60
3. Apdailos variantų daugiakriterinis įvertinimas	67
Išvados	72
Literatūra	74

IVADAS

Statyba yra viena iš svarbiausių valstybės ūkio šakų. Statybos plėtotę nusakantys rodikliai atspindi ir bendrą šalies ekonomikos lygį. Įvairiose statybos stadijose dirba labai daug skirtingų specialybių žmonių, dalyvauja daug skirtingų verslo įmonių.

Statybos procesą veikia daug faktorių, kurie vienu ar kitu būdu daro įtaką visiems įgyvendinamo statybos projekto parametrams (plėtra, infrastruktūra, trukmė, resursų poreikis). Pastangos skiriamos numatyti šių faktorių įtakai naudojant įvairias skaičiavimo priemones ir duomenų bazines, paremtas statistiniais ir ekspertiniais duomenimis. Skaičiuojant priimama, kad nagrinėjamo projekto dalys ar net visas projektas yra panašus į tuos projektus, kurie buvo atlikti anksčiau, bet tai tik prielaidos ir jų paklaidos laipsnis yra gana didelis, palyginti su faktiniais parametrais, gautais po projekto įgyvendinimo.

Projektavimo metu architektai, inžinieriai, technologai susiduria su daugeliu problemų, kurios gali būti charakterizuojamos pagal griežtas riboto laiko sąlygas sukurti konkurencingą, aukštos kokybės produktą, be abejo, turintį estetinę vertę, t.y. pastato ar kitos konstrukcijos projektavimas, kuris užtikrintų racionalų ir efektyvų projekto sprendinių pasirinkimą diegiant architektūrinės formos ir erdvės sprendimus, įvertinti darbo laiko ir išteklių kainą kiek galima tiksliau, išvengti klaidų ir netikslumų, užtikrinti greitą statybos procesą ir sklandų atlikimą.

Pasirenkant efektyviausią statybos variantą, pagrindinė problema - dažniausiai faktinis resursų poreikis neįvertinamas.

Statybos pramonė pripažino, kad dabartinę darbo tvarką (kokybę ir efektyvumą) reikia žymiai patobulinti, ir nustatė, kad kompiuterinio modeliavimo metodai ir surenkamų komponentų panaudojimas gali padėti sumažinti trukmę, išlaidas, sumažinti defektus ir problemas statybvietėje.

Daugelis statybos problemų yra daugiakriterinės kilmės, sprendimų priėmėjai susiduria su daugybe nepriklausomų ir susijusių faktorių, kurie apsunkina sprendimų priėmimą. Esant tokiems scenarijams, statybos specialistai privalo nuspręsti, kuris sprendinys geriausias, ar surasti alternatyvas.

Šiame darbe nagrinėjama kompiuterinio projektavimo technologija paremta statiniu grafiniu-informaciniu modeliavimu, kuris turi tokius tikslus: užtikrinti pastato projekto pasisekimą, statybos proceso ir projekto priežiūros valdymą; užtikrinti grafinių ir informacinių duomenų srautų integruotą valdymą, visa tai atliekant bendroje programinėje terpėje; geriau, pigiau, greičiau vykdyti statybos projekto gyvavimo ciklo operacijas. Kad būtų galima pasirinkti tinkamą dizainą, technologinius ir organizacinius pastatų projektų variantus, taikomi daugiakriteriniai metodai, kurie suteikia vartotojui tam tikrą rezultatą, kuris tenkina kriterijus.

Norint suprojektuoti ir įgyvendinti efektyvų pastato gyvavimą, būtina jo racionalumu rūpintis pradedant poreikių ir tikslų nustatymu ir iki pat pastato naudojimo pabaigos. Kiekvienu pastato gyvavimo proceso etapu rūpinasi įvairios suinteresuotos grupės: užsakovai, projektuotojai, rangovai, statybinių medžiagų bei gaminių gamintojai ir tiekėjai, naudotojai, valstybės ir savivaldos institucijos, pastatų priežiūros ir remonto organizacijos ir kt. Projektuojant pastato gyvavimą ir priimant sprendimus, reikia atsižvelgti į šių grupių tikslus ir poreikius. Pastato gyvavimas priklauso nuo kintamos išorinės aplinkos, todėl jis turi būti projektuojamas ir įgyvendinamas atsižvelgiant į jo etapus, suinteresuotų grupių galimybes ir tikslus, veikiančius pastato gyvavimo efektyvumą, įvertinant išorinę mikro ir makrolygmens aplinką. Dėl pastato gyvavimo efektyvumą apibūdinančių veiksnių įvairovės kyla aktualus klausimas: kaip daugeliu aspektų įvertinti šio proceso sprendimus.

Visais laikais egzistavo pastato statybai sunaudotų išteklių ir gautų rezultatų santykio problema. Minimaliais ištekliais buvo norima maksimaliai įgyvendinti tikslus. Dabar ši problema pasipildė dar vienu aspektu: diskutuojama, ar projektų kaina atitinka pasiektus

tikslus (estetinius, komfortinius, funkcinius, ekologinius ir t.t.). Pastato kaina dažniausiai nustatoma atsižvelgiant į jo projektavimui ir statybai panaudotus išteklius, t.y. projektų kaina nustatoma pagal išteklių principą.

Siekiant strateginių, ekonominių, techninių, socialinių, kokybinių ir kitų tikslų, būtina remtis kiekybiniais ir kokybiniais vertinimo kriterijais, apibūdinančiais pastato gyvavimo suinteresuotų grupių tikslus ir galimybes, alternatyvius sprendimus ir esamą išorinės aplinkos situaciją. Norint apibrėžti, pagrįsti ir pasiekti šiuos tikslus, reikia taikyti daugiakriterinės analizės metodus, kurie gali būti sėkmingai diegiami ir sprendimų paramos sistemose.

Sprendimų paramos sistemų taikymas, sprendžiant įvairias su statybos veikla ir pastato gyvavimo procesu susijusias problemas, yra modernus ir perspektyvus dalykas. Ši priemonė padeda pastato gyvavimo proceso dalyviams sėkmingai siekti savo tikslų, didinti pastato gyvavimo efektyvumą.

Darbo tikslas – išanalizuoti projektavimą, sąmatų skaičiavimo ir daugiakriterinius metodus, sukurti apdailos darbų TE klasifikatorių, pateikti automatizuoto sąmatų skaičiavimo pavyzdį ir pasiūlyti apdailos daugiakriterinio įvertinimo metodą.

Darbo uždaviniai:

- išnagrinėti 3D projektavimą ir modeliavimą;
- išnagrinėti sąmatų skaičiavimo metodus;
- išanalizuoti statyboje taikomus daugiakriterinio įvertinimo metodus ir modelius;
- sukurti vieningą tipinių apdailos konstruktyvinių elementų (gaminių) bei medžiagų klasifikatorių;
- pasiūlyti apdailos daugiakriterinio įvertinimo metodą.

1. PASTATŲ PROJEKTAVIMAS, SĄMATOS IR DAUGIAKRITERINIS ĮVERTINIMAS

1.1. 3D PROJEKTAVIMAS IR MODELIAVIMAS

Projektuojant statybos objektą, architektui, konstruktoriui ir inžinieriui tenka spręsti daugybę problemų: kaip griežtomis laiko limitų sąlygomis sukurti konkurencingą, kokybišką, turintį meninės vertės produktą - pastato arba kitokio statinio projektą. Tokį, kuris garantuotų racionalių ir efektyvių konstrukcinių sprendimų pasirinkimą, realizuojant architektūrinės formos bei erdvės koncepciją, leistų kuo tiksliau įvertinti realias laiko, resursų sąnaudas, išvengti klaidų ir netikslumų, užtikrinti greitą ir sklandžią statybą.

Kompiuterinės programos leidžia maksimaliai automatizuoti ne tik patį projektavimą, bet ir dokumentacijos, specifikacijų, sąmatų bei ataskaitų rengimą. Daugelis sutiks, kad kompiuteris palengvina profesionalų darbą, atpalaiduoja nuo rutinos, sumažina klaidų tikimybę, apdoroja milžinišką informacijos kiekį, analizei pateikia surūšiuotus rodiklius, palengvina sprendimų priėmimą, padeda surasti optimalų variantą.

Šiuolaikinis automatizuotas projektavimas, kitaip kompiuterinis projektavimas, pagrįstas objekto modeliavimo metodu (Object modeling - OM) [5, 34]: “nuo idėjos iki tikro objekto”.

Objekto modeliavimo metodas apima tris vienas kitą papildančius modelius [34]: objekto modelis, funkcinis modelis ir dinaminis. Objekto modeliai aprašo statiškumą, struktūrinius sistemos aspektus. Funkcinis modelis apibūdina sistemos aptarnavimą ir duomenų srautus. Dinaminis modelis apima dinaminę sistemos elgesį. Objekto modeliavimo metodo būdas prasiskverbia per visą programinės įrangos kūrimo procesą [8], nuo analizės iki projektavimo

ir įgyvendinimo. Tai išsamesnė ir gerai pagrįsta metodologija. Objekto modeliavimo metodo būdas taip pat pabrėžia objekto duomenų struktūrą ir funkcijas, suteikia stabilesnį projektavimo pagrindą ir leidžia panaudoti unikalią objekto koncepciją per visą vystymą.

Santrumpa CAD (Computer Aided Design) – kompiuterinis projektavimas, yra labai plati. Pagal OM (objekto modeliavimo) metodą kompiuterinio projektavimo koncepcija apima visas veiklas pradedant nuo svarstomo projekto virtualios formos ar modelio sukūrimo (t.y. detalės, konstrukcijos, inžinerinės sistemos), aprašant visas tikro projekto fizinių parametrų charakteristikas (t.y. tankis, stiprumo ir deformacijų charakteristikos, šilumos konstantos, ir t.t.), apibūdinant padėties sąlygas (t.y. atramos, šarnyrų laisvumus, sąveika su kitais objektais). Tada atliekama modelio elgsenos, esant realioms eksploatacijos sąlygoms, analizė: aprašomi skirtingo pobūdžio poveikiai (t.y. statinės ir dinaminės apkrovos, temperatūros ir drėgmės pokyčiai, slėgis ir t.t.), aprašomi ir analizuojami gaunami rezultatai (reakcijos, vidinės jėgos, įtempiai ir deformacijų būvis). Remiantis šia analize priimami projektavimo sprendiniai, atliekamas projektavimas ir optimalių sprendinių paieška. Kitu etapu gauti rezultatai yra pateikiami įprastoje techninių dokumentų formoje [36]: sukuriama brėžiniai, atliekamas mazgų ir elementų išdėstymas, sukuriama specifikacijos ir skaičiavimai [22, 24]. Taigi šiuolaikinės kompiuterinės technologijos dar projektuojant suteikia galimybę su virtualiu modeliu elgtis lyg su realiu objektu, imituoti įvairiausias realias situacijas.

Šiandien CAD santrumpa jau neatspindi šiuolaikinio kompiuterinio projektavimo, inžinerinių sistemų ir gamybos procesų valdymo galimybių visumos. Atsirado dar smulkesnis suskirstymas: CAE (Computer Aided Engineering), CAM (Computer Aided Manufacturing), AEC (Architecture Engineering Construction), GIS (Geographic Information Systems) ir t.t.

Taigi, modernios kompiuterinės technologijos netgi projektavimo stadijoje suteikia galimybę virtualų modelį laikyti tikru objektu ir simuliuoti įvairias “tikro gyvavimo” situacijas, pamatyti rezultatus, visada turėti atsakymą į klausimą: “kas jei...?”. Visa tai leidžia padaryti teisingą sprendimą norint pasiekti optimalų rezultatą. Kompiuterinio projektavimo

technologija pagrįsta statinio grafinio–informacinio modeliavimo koncepcija siekiant užtikrinti pastato projekto, jo statybos proceso ir objekto eksploatacinio valdymo tęstinumą, naudojant aukšto lygio programinę įrangą, padidinti architektų, konstruktorių, technologų, statybos vadybininkų, operatorių, darbo našumą ir kūrybingumą, užtikrinant statinio pilną inžinerinio palaikymo ciklą kelyje “nuo idėjos - iki realaus objekto”.

Projektavimo etape šie tikslai yra įgyvendinti naudojant pastato kontinuumo modelio technologiją, kuri akcentuoja pabaigtą ir visiškai parengtą 3D pastato modelį, apimančią visas projektavimo dalis. Šios technologijos pagrindas yra 3D grafinis-informacinis modelis aprėpiantis:

- pastato geometrinį modelį;
- fizines savybes (medžiagos ir t.t.);
- funkcines komponentų savybės.

Pastato kontinuumo modelis susijęs su faktu, kad projektavimas yra traktuojamas kaip vientisa pastato gyvavimo ciklo dalis. Išskaidytas darbas tarp projekto dalių ir dalyvių pakeičiamas suderintu procesu. Tai yra pasiekama iš esmės pakeičiant projektavimo technologiją, pereinant nuo 2D brėžinių rinkinio sukūrimo į 3D pastato kompiuterinio modelio sukūrimą, apimančią visas projekto dalis: architektūrinę, konstrukcinę, inžinerinių tinklų, darbu organizavimo technologijos, sąmatų ir t.t.

Tobulėjant informacinėms technologijoms kompiuterinio projektavimo srityje, sąvoka CAD įgyja naują prasmę ir keičia turinį. Vis dažniau tenka išgirsti naują apibrėžimą – BIM (Building Information Modeling) - pastato informacinis modelis, kurio koncepciją galima apibrėžti kaip [10, 3, 19]:

- sukurti statybos objekto projektavimo, statybos ir eksploatacinio valdymo strategiją, pagrįstą kompiuterinėmis objekto ir jo sukūrimo procesų modeliavimo technologijomis;

- užtikrinti grafinių ir informacinių duomenų srautų integruotą valdymą, kuris leistų suderinti virtualią grafiką (CAD) su informaciniais srautais (DB) ir procesų aprašymais, visa tai atliekant bendrojoje programinėje terpėje;
- atskirus vykdytojus paversti komandomis, išsklaidytas priemones – kompleksiniais sprendimais, atskirus uždavinius sujungti į procesus;
- geriau, pigiau, greičiau vykdyti statybos objekto gyvavimo ciklo operacijas.

Kompiuteriai ir skaitmeninės technologijos pakeitė beveik viską, bet jos dar tik pradėjo daryti svarbią įtaką, suteikiant naują formą statybai ir architektūrai. Kitoms sritims jų įtaka yra didelė, o statybai dar ne. Vis dar dirbama naudojant ranka braižytus brėžinius, atliekame specifikacijas ir statybos darbų grafikus tradiciniais būdais.

Pastato informacinis modelis (BIM - Building Information Modeling) daugelio buvo pripažintas kaip didžiausias pasiekimas architektūros, inžinerijos ir statybos programinėje įrangoje nuo CAD priemonių pasirodymo. CAD imitavo rankinį braižymą ir automatizavo kai kurias projektavimo funkcijas, BIM sujungia šias funkcijas, tuo tarpu daug pilniau panaudoja duomenų bazių ir informacijos valdymo galimybes (kompiuterių). Tai leidžia labiau sutelkti dėmesį į informaciją ir sprendimus. CAD padėjo architektams pavaizduoti liniją, kuri pateikė sienos formą ir dydį. BIM atseka ir automatizuoja papildomus sprendimus [1] nuo kiekvieno objekto apdailos iki pamatų įvertinimo.

Buvo ilgai skelbiama, kad BIM yra technologiškai būtina sąlyga efektyviam projektavimui ir statybai. Bet ji vis dar nepritapo.

BIM yra vėliausias 25 metų idėjos atgimimas, kad architektai turėtų kurti supratingus (protingus) 3D modelius vietoj popierinių brėžinių, perduoti projekto idėjas ir vadovauti statybai.

BIM metodologija, visos informacijos apie pastatą laikymas kompiuterio modelyje, yra paremta 30 metų senumo koncepcija, kurią pristatytė C. Eastman [6]: “Pastato informacinis modelis sujungia visą geometrinio modelio informaciją, funkcinius reikalavimus ir galimybes,

ir atskirų elementų elgesio informaciją į bendrą susijusį apibūdinimą per visą pastato projekto gyvavimo ciklą. BIM taip pat apima informaciją susijusią su specifikacijom ir gamybos procesais”.

3D modeliavimas, virtualūs pastatai, pastatų modeliai ir kitos idėjos naudojamos pastarąjį dešimtmetį. Šios koncepcijos sutelkia dėmesį į dvi sritis [6]: 2D brėžinių generavimas iš 3D pastato modelio, kad būtų galima pagerinti dokumentacijos produktyvumą, ir duomenų, esančių modelyje, panaudojimas kalendoriniams grafikams ir medžiagų specifikacijoms. BIM išplečia šias idėjas nuo braižymo ir grafikų sudarymo iki kūrimo, valdymo ir informacijos apie pastatą perdavimo. Nesuderinamumai (netikslūs ploto matavimai, elementai braižomi grafiškai, vietoj modeliavimo) nepriimtini BIM, nes jie padaro informaciją nepatikimą, kai ją naudoja kiti dalyviai ir kitos kompiuterinės programos.

Pastato modelis suderina daugialypio projektavimo būdus ir padaro pastato informaciją prieinama naudoti per visą pastato ciklą, kuris apima projektavimo, statybos ir infrastruktūros valdymo etapus. Priklausant nuo poreikio, duomenys gali būti peržiūrimi kaip 3D modelis, 2D dokumentai, kaip dvejetainė informacija. BIM veikia projektavimo, statybinės dokumentacijos, analizės ir įgyvendinimo lygiuose.

Net po dešimtmečio tyrinėjimų, programinės įrangos tobulinimo, pramonė dar nepasiekė tokio taško, kad dauguma naudotųsi šia metodologija.

Masinėje gamyboje tai jau naudojama. Nors BIM ir nėra paplitusi tarp projektuotojų, daugelis supranta jos naudą [25] (skaitmeninės gamybos). Po 1980 2D CAD taikymas projektavimo firmose prasidėjo. Po daugiau kaip 10 metų atsirado 3D modelių poreikis. Kol kas nedidelis vartotojų kiekis pradeda tyrinėti BIM. Jie siekia infrastruktūros, kuri tęstųsi po statybos užbaigimo.

Be aktyvaus klientų propagavimo ar kompleksinio požiūrio į statybą ir projektavimą, BIM technologijos išlieka mažai naunaudojamos. Norėdamos įdiegti BIM, organizacijos turėtų bendradarbiauti tarpusavyje, siekti įdiegti bendrus standartus.

Nors BIM koncepcija dar neįgyvendinta, BIM programinė įranga jau naudojama.

Vienas iš didžiausių BIM pritaikymo projektavimo stadijoje privalumų, tai galimybė projektuotojui suprasti pastato ir jo dalių tarpusavio ryšius, nepriklausomai nuo estetinių, atlikimo ir programinių ginčų.

Vienas iš pagrindinių BIM programinės įrangos produktyvumo bruožų - tai gebėjimas automatiškai generuoti projekcijas ir skerspjūvius iš modelių, taip pat ir jų kordinavimas bei atnaujinimas. Dar vienas BIM bruožas - tai gebėjimas sukurti ir prižiūrėti katalogus (specifikacijas) tokių objektų kaip durys, langai ir t.t.

Kai tik modelis yra sukuriamas ir statybos dokumentacija sugeneruojama, galima pasirinkti duomenis iš modelio ir panaudoti juos sąmatiniams skaičiavimams, projekto valdymui, infrastruktūros valdymui.

Papildomos paslaugos: 3D vizualizacija, duomenų koordinavimas ir daugialypiai modeliai, sprendimų parama savininkams valdant nuosavybę.

Viena iš pagrindinių BIM programinės įrangos savybių - dalijimasis informacija. BIM programos leidžia architektams, inžinieriams, rangovams, savininkams ir kitiems prieiti prie dokumentų vienu laiku.

Potenciali BIM nauda yra gausi [10]:

- paspartina darbus;
- sąmatų skaičiavimas lengvesnis ir tikslesnis nei CAD, nes atnaujinta informacija iš projekto dalyvių gali būti įvertinta staigiai;
- automatizuotas dokumentų suderinimas pagerina nuoseklumą ir sumažina klaidas;
- atsekimo funkcijos programose, kurios saugo pakeitimų istoriją, gali būti naudingos ginčų sprendimui;
- darbas su 3D modeliu padeda projektavimo procesui;
- klientams 3D modeliai yra priimtesni;
- statybos/projektavimo procesų modernizacija;

- padidėja koordinacija tarp metodų.

Kai kuriems 3D modelis yra geometrinis pastato ar jo dalies pavaizdavimas, kuris sukurtas pavaizduoti projekto idėją. Kiti mano, kad 3D modelis – kažkas, kas sukurta išspręsti projektavimo problemą. Kiti gali manyti, kad 3D modelis yra duomenų bazė skirta saugoti statybos duomenis susijusius su projektu.

Dėl skirtingo koncepcijos supratimo, sunku kalbėti apie 3D modelius, sunkiau sukurti ir beveik neįmanoma dalintis su kitais statybos dalyviais.

Vienintelė informacija laikoma 3D modelyje [4] yra faktinės geometrijos unikalaus mazgo (komponento) identifikatoras. 3D tūriniai modeliai yra sujungti su duomenų baze unikaliais identifikatorais. 3D tūrinių modelių kūrimas greitesnis nei 2D braižymas.

Siekiant, kad 3D modeliavimas būtų efektyvus, reikia vykdyti griežtą įeinančių ir išeinančių duomenų kontrolę. Šis procesas apima šiuos etapus: duomenų standartai, erdvinė koordinacija, matavimų vientisumas, informacijos kontrolė ir paskirstymas.

3D modelio privalumai:

- greitesnis darbas;
- greitas duomenų patikrinimas;
- ankstyvas nesuderinamumų (klaidų) suradimas;
- vizualizacija;
- medžiagų kiekių skaičiavimai (panaudojant papildomą programinę įrangą);
- pilna “kaip pastatyta” informacija;
- planavimas;
- darbų koordinacija;
- statybos pakartojimas.

3D modelis gali būti naudojamas [21]:

- Patikrinti, įvertinti ir palyginti projekto idėjas;
- Perduoti projektavimo ketinimus statytojui ir savininkui;

- Vizualiai realizuoti pastato projektus prieš statybos pabaigą;
- Sumažinti riziką, suprantant projekto pasiūlymus;
- Praeiti projekto apžiūros komisiją su įtinkama grafika;
- Pavaizduoti medžiagas, sudėtingas dalis ir alternatyvas be fizinio modeliavimo;
- Grafiškai modeliuoti statybos procesą
- Pristatyti rinkai naujus produktus;
- Reklamuoti ir demonstruoti projektavimo galimybes.

Pastatai yra sudėtingi produktai, turintys santykinai didelį skaičių dalių, kurios yra surinktos į daugialypius rinkinius skirtingiems projektavimo, analizės ir gamybos tikslams. Pastatų modeliavimas, naudojant pilnai parametrizuotas 3D CAD sistemas, siūlo daug privalumų: produktyvumas, gebėjimas greit ir skirtinguose lygiuose generuoti projekto alternatyvas, klaidų eliminavimas, kurios atsiranda dėl brėžinių skirtumų. Tačiau, šių privalumų realizacijai reikalingas: specializuotas funkcionalumas kartu su hierarchiniu modeliavimu, objektai su funkcionalių elgesiu, galimybė įterpti kontekstinio projektavimo tikslus, automatizuotas išdėstymas ir detalizavimas ir tinkamas panašių objektų valdymas. Efektyvi sistema turi suteikti tokį funkcionalumą, kuris leistų išlaikyti atitinkamus atsako laikus.

Kompiuterių pritaikomumo pažanga per paskutinius kelis dešimtmečius baigėsi laipsnišku rankinio modeliavimo pakeitimu į kompiuterinį modeliavimą. Kol nebuvo sukurti kompiuteriniai modeliai, pastatų eksploatacijos svarstymams, kompiuteriniai braižymo modeliai buvo plačiai naudojami statybos pramonėje. Kiti linkę naudoti tyrinėjimo tikslams, modeliuoti tokiems aspektams kaip komfortas, energija. Pagrindinis plačiai naudojamų, braižymu paremtų modelių, apribojimas [21] - atstumas tarp abstraktaus 2D pavaizdavimo ir tikrų statybos brėžinių. Didžiausia kompiuterinės grafikos pažanga, kuri palengvina 3D tūrių pavaizdavimą, priemonės kurti ir vizualizuoti šiuos objektus, priveda vienu žingsniu arčiau prie statybos tikrųjų komponentų vaizdavimo.

Teoriniai kompiuterinės statybos privalumai – mažesnės inžinerinės išlaidos ryšium su automatizuotu braižymu ir analize, mažesnės gamybos išlaidos dėl sumažinto klaidų dažnumo ir duomenų integracijos, automatizuota gamyba – buvo plačiai išnagrinėti [24]. Tačiau praktika atsilieka nuo tikrovės. Kompiuterinis projektavimas ir braižymas (CADD) jau plačiai naudojamas daugelyje statybos sričių.

CADD kompiuteriai yra naudojami sukurti brėžinius, kurie yra susisiekimo aplinka tarp gamybos ir statybos etapų. CADD brėžiniai yra skaitomi kaip grafika, taigi informacijos perkėlimas, tokioms veikloms kaip konstrukcinei analizei, medžiagų specifikacijom, koordinacijai tarp statybos sistemų, kokybės kontrolei, gamybai, turi būti atliekama žmonių. Daugeliui šių veiklų darbo sąnaudos, paverčiant duomenis iš CADD į automatizotą pritaikymą, paneigia ekonominę automatizacijos įgyvendinamumą, rankinis duomenų įvedimas taip pat linkęs į žmogaus klaidas. Praktikoje, mažuma projektavimo ir gamybos automatizavimo potencialo, būdingo informacinei technologijai, yra išnaudojama su CADD. Versle, projektavimo ir gamybos procesuose CADD pakeitė rankinį braižymą elektroniniu.

Daugelyje gamybos sričių braižymas buvo pakeistas kompiuteriniu projektavimu paremtu 3D tūriniu modeliavimu [24]. Tūrinis modeliavimas palaiko platų spektrą automatizacijos ir kokybės valdymo pritaikomumą, kuris panaudoja sugeneruotą informaciją. Pastato statybos ir projektavimo plotmėje analogiški potencialūs privalumai apima: mokslu pagrįstas projektavimo priemones, automatizuoto braižymo gamybą, automatizuotas sąsajas su konstrukcinėmis, šiluminėmis, vibracijos ir kitomis analizėmis, kokybės pagerinimais. Poveikis neapsiriboja tik statyba ir projektavimu, bet ir automatizuota gamyba, surinkimas tap pat galimi.

Pirmojoje statybos pramonės CAD revoliucijoje projektuotojai perėjo nuo rankinio braižymo prie kompiuterinio braižymo. Ši revoliucija beveik baigta, nes architektai ir inžinieriai priėmė ją. Antrojoje statybos pramonės CAD revoliucijoje, pradėtas supažindinimas su 3D parametriniu tūriniu modeliavimu, tyrimai ir pėtos pastangos

nukreiptos į tinkamo funkcionalumo įtvirtinimą. Potencialūs privalumai yra tiesioginiai (sumažintos projektavimo išlaidos, gamybos automatizacija) ir netiesioginiai (sumažintas klaidų dažnumas, didesnės galimybės projektavimo alternatyvoms).

Su tam tikrom išimtim, parametrizuoto tūrinio modeliavimo programinė įranga dar nebuvo taikyta architektūrai, inžinerijai ir statybai. Svarbiausia priežastis – reikalingos papildomos žmogaus pastangos pastatyti geometriškai ir topologiškai tikslų pastato modelį, atitinkamos ekonominės paskatos projektuotojam nebuvimas. Tačiau nauja karta 3D parametrinio modeliavimo priemonių tampa prieinamos (t.y. Autodesk Revit, Graphisoft ArchiCAD, Bentley Triforma, Design Data SDS/2, Tekla Xsteel). Šios priemonės turi potencialą padaryti pastatų modeliavimą labiau efektyvų kainos atžvilgiu, tokiu būdu atveria duris į papildomus projektavimo ir statybos privalumus.

Gamybos ir aviacijos pramonės pradėjo naudoti 3D CAD sistemas paremtas paviršiaus modeliavimu ankstyvais 1970-iais. 1970 viduryje Braid, Requicha, Voelcker [24] ir kitų darbai priedė prie tūrinio modeliavimo išsivystymo. Tūrinio modeliavimo procesai sujungti su kreivų paviršių tūrių paviršių redagavimu leido apibrėžti kompiuteriu bet kokią 3D formą. Tūrinis modeliavimas leido realizuoti daug 3D CAD tikslų: tikslus 3D formos pavaizdavimas, automatizuotas bet kokios formos išmatavimų nustatymas, pjūvių braižymas, automatizuotas detalių ir rinkinių brėžinių generavimas. Ankstyvos tūrinio modeliavimo CAD sistemos į statybos rinką atėjo 1980-iais (RUCAPS, Calma, TriCad, PDMS), bet jos buvo nepavykusios. Jos buvo labai sudėtingos, reikalavo naujo požiūrio į projektavimą, kuris skyrėsi nuo to su kuriuo projektuotojai buvo susipažinę, sistemos buvo nepatikimos ir reikalavo brangios įrangos, apibrėžti 3D tūrinį modelį yra sunkiau nei 2D, tūrinio modelio taisymas, buvo sudėtingas. Kaip rezultatas, nors 3D modeliavimo sistemos buvo sukurtos tuo pat metu kaip ir CADD, CADD buvo technologija, kuri buvo priimta pastatų projektavimui ir statybai.

Parametrinio modeliavimo koncepcija nebuvo nauja. Kai kurios galimybės buvo įtrauktos į pirmas CAD sistemas. Parametrizavimas išplėtė tūrinio modeliavimo panaudojimą.

Parametrinėse CAD sistemose formos net tik generuojamos remiantis procesais ir suvaržymais, suvaržymai taip pat laikomi modelio geometrijos dalimi, kai yra redaguojami. Tai leidžia išreikšti dinaminio projektavimo objektų elgesį. Parametrinis modeliavimas suteikia galimybę statyti ir tobulinti sudėtingus modelių rinkinius. Parametrinis modeliavimas įneša reikšmingą indėlį į projektavimą tuo, kad kartu su tūriniu modeliavimu, leidžia modeliotojui sukurti kompiuterinį fizinių objektų pavaizdavimą netik pagal išvaizdą, bet ir apibūdinti semantinius ryšius tarp objektų, kuriuos galima lengai sukurti ir redaguoti.

Papildomai, su parametriniu 3D modeliavimu, kompiuteris gali būti partneriu valdant funkcinių kriterijų specifinę aibę pastato projektavimo viduje. Lankstumas, palaikant projektavimo kontrolę, yra absoliuti būtinybė tokios programinės įrangos priėmimui.

Naudojant šią technologiją, gali būti apibrėžti rinkinių tarpusvio ryšiai, kurie įgalina greitą sudėtingų rinkinių apibrėžimą ir jų greitą peržiūrėjimą. Todėl parametriniai modeliotojai prisideda įvedant ir prižiūrint sudėtingų statinių tūrinius modelius.

Pagrindiniai 3D parametrinio modeliavimo kompiuterinės įrangos apibendrinti kriterijai [24]:

- Efektyvi paspartis turi būti suteikta netik kylančiam (bottom-up) komponentų parinkimui, bet ir hierarchiniam (top-down) modeliavimui;
- Kompiuterinė įranga turi suteikti projektuotojui objektus, kurie modeliuoja pastatų funkcijas;
- Funkcinių objektų semantika norima pasakyti, kad parametrinio pastato modeliavimo sistema turės specifinę funkcinę sritį;
- Projektavimo ir detalizacijos užduotys turi būti automatizuotos, apibrėžiant parametrinių objektų aibę automatizuotam redagavimui ir išdėstymui;
- Iki šiol vienas iš pastato lygio automatizuoto projektavimo modulių įgyvendinimo barjerų buvo parametrinio pastato modeliavimo platformos nebuvimas;

- Duomenų struktūra turi suteikti vartotojams pokyčių skleidimo tarp identiškų dalių kontrolę;
- Programinės įrangos darbas, apibūdinant atsako laiką vartotojo veiksams, kurie reikalauja modelio perskaičiavimo, turi būti adekvatus ir leidžiantis nepertraukiamą jo naudojamą.

1.2. SĄMATINIŲ SKAIČIAVIMO METODŲ APŽVALGA

Vieniems sąmata – tai apytikslis kainos sprendimas, dydis ir vertė. Kitiems - projekto elementų kainos parinkimas sutarta apimtimi. Dar vieniems sąmata – instrumentas, kuris skirtas numatyti visas išlaidas reikalingas rangovui pabaigti atitinkamą statybos projektą. Įvairiuose žodynuose sąmata apibrėžiama taip:

- 1) preliminariai ar apytiksliai įvertinama kaina, vertė, reikšmingumas;
- 2) apytiksliai apibrėžiamas dydis, apimtis, prigimtis;
- 3) sukuriamą apytikslės kainos suvestinė.

Žymią projektavimo dalį sudaro (ar bent jau turi sudaryti) statinio ekonominės pusės įvertinimas, visų pirma – tikslios (objektyvios) statybos kainos (sąmatos) paskaičiavimas [6]. Dažniausiai architektūrinė-konstruktinė projekto dalis būna griežtai atsieta nuo ekonominės, todėl projektuotojas (architektas arba konstruktorius) neturėdamas priemonių, o dažnai ir galimybių (pavyzdžiui, dėl laiko apribojimų) objektyviai įvertinti statinio kainos, atlikti variantų palyginimą, paprasčiausiai jos ir nevertina. Tačiau vėliau, jau praktiškai priėmus sprendimą statyti būtent tokį statinį, ir pabandžius įvertinti jo kainą, paaiškėja, kad ji gerokai skiriasi (dažniausiai į didesnę pusę) nuo užsakovo įsivaizduojamos. Tuomet tenka ieškoti ekonomiškesnių sprendimų, perdarinėti projektą, vėl vertinti rezultatus ir t.t.

Sąmatinių skaičiavimų ir sąmatinės dokumentacijos rengimo programos (sąmatinės programos) skirtos paremti ekonominę projektavimo dalį [23], t.y. įvertinti medžiagų ir darbo išlaidas, kainą, specifines darbo sąlygas. Dažniausiai šios programos turi dvigubą paskirtį: specifikuoti suplanuotų darbų ir medžiagų kainą, kontroliuoti kaip laikomasi nustatyto plano. Kai prognozuojama suplanuotų darbų kaina, turima omenyje koks šių veiksmų tikslas, t.y. pasiekti rezultatą kaip galima greičiau (kai ruošiami duomenys pasiūlymams) arba kaip galima tiksliau (kai atliekami darbo skaičiavimai - užduotys).

Sąmatos vaidina pagrindinį vaidmenį užtikrinant projekto sėkmę. Kapitalinė pasiūlyto projekto kaina yra vienas iš lemiamų faktorių įvertinant naujų investicijų finansinį įgyvendinamumą. Sąmata vis dėlto reikalinga ir kitiems tikslams, be projekto biudžeto nustatymo. Ji taip pat reikalinga kaip priemonė ar resursas išlaidų kontrolei ir kalendoriniams grafikams. Sąmata vaidina svarbų vaidmenį kontroliuojant projekto vykdymo biudžetą. Taigi efektyvi sąmata turi ne tik sudaryti realistinį biudžetą, bet ir suteikti tikslią informaciją kalendoriniam grafikui, išlaidų kontrolei ir projekto eigos įvertinimui. Sąmata turi būti įvertinta ne tik pagal jos tikslumą ir kokybę, bet ir turi būti užtikrinama, kad ji turės visą reikalingą informaciją ir bus pristatyta visiems suprantamu būdu. Sąmatos tikslas – numatyti tikėtinas projekto išlaidas.

Tradiciškai sąmatininkas, net ir turėdamas specializuotą sąmatinę programą, pradeda darbą nuo “popierinių” brėžinių gautų kaip projektuotojų rezultatų analizė. Skaitydamas brėžinius, sąmatininkas užsirašo medžiagų kiekius, analizuoja konstrukcinius sprendinius, nustato ar projektuotojo sprendimai atitinka ekonomiškumo kriterijus. Daugelis iš šių veiksmų dvigubina projektuotojo darbą. Kai kiekiai ir projektavimo technologiniai sprendimai yra žinomi, sąmatinė kaina skaičiuojama naudojant sąmatines programas, pasirenkant darbų normas ar įkainius iš normatyvinės bazės, pataisant juos (pritaikant konkrečiom sąlygom), reguliuojant darbų, mechanizmų ir medžiagų kainas.

Statybos projektų sąmatinės kainos nustatymas yra svarbi užduotis valdant statybos projektus. Statybos valdymo kokybė priklauso nuo tikslios statybos sąmatos sudarymo. Ši užduotis šiuo metu atliekama “patyrusių” statybos sąmatininkų. Tokia analizė priklauso nuo žmogaus klaidų ir kintamų rezultatų, kurie priklauso nuo to kas yra sąmatininkas ir galimų ginčų pasekmių [12].

Automatizuojant sąmatų sudarymą, paremtą objektyviais duomenimis, pageidaujama ne tik gerinti efektyvumą, bet taip pat pašalinti subjektyvius žmogaus faktorius kaip imanoma labiau. Problema nėra pasiduodanti tradiciniams problemų sprendimo būdams. Statybinių medžiagų, įrenginių ir darbuotojų darbo kainos priklauso nuo daugelio faktorių, kurie neturi aiškaus matematinio modelio ar taisyklės kainos prognozei. Pastaruoju metu, neuroniniai tinklai naudojami mokymo ir prognozavimo problemoms neturinčioms aiškaus modelio spręsti, tokiom kaip vertybinių popierių kainų prognozavimui, sistemų identifikavimui, projektavimui, vaizdo atpažinimui.

Sudarant sąmatas netikėtumai yra nemaži ankstyvosiose projekto gyvavimo ciklo etapuose [1], bet laukiama, kad jie sumažės iki 0 kai pasiekiamas “derybų” etapas, kai daugiau informacijos tampa prieinama. Sąmatininkai, kaip ir derybininkai, skaičiuodami sąmatas preliminarus ir galutinio projektavimo etapuose patiria sunkumų dėl skirtingo lygio ar nepilnos projekto informacijos, praktinės statybinės informacijos trūkumo. Derybininkai taip pat sprendžia problemas susijusias su sąmatų sudarymu vėluojant, prasta pasiūlymų dokumentacija ir kitom problemom.

Sąmatinimo veikla tvarkoma įvairiais būdais skirtinguose statybos projekto gyvavimo ciklo etapuose [1] (1 lentelė.). Pavyzdžiui, “scheminio projektavimo” etape atliekama apytikslė, vieno kvadratinio vieneto, sąmata ekstrapoliuojant panašius projektus, tuo tarpu sąmatininkas turi paskaičiuoti pirmines sąmatas, kai yra prieinama daug detalesnė informacija “preliminarus projektavimo” etape. Sąmatų tikslumas “sprendimo statyti” etape, kai projektas yra tik kuriamas, yra daug mažesnis nei “galutinio projektavimo” etape, kur beveik

visi brėžiniai ir specifikacijos yra beveik baigtos. Kaip parodyta 1 lentelėje, nenumatytos išlaidos sąmatoje yra 20-30% “preliminaraus projektavimo” etape ir 10% “galutinio projektavimo” etape, bet laukiama, kad nukris iki 0% “derybų” etape, kai sąmatą siūlo rangovas.

1 lentelė. Statybos projekto gyvavimo ciklas

	Projekto etapai						
	Sprendimas statyti	Scheminis projektavimas	Preliminarus projektavimas	Galutinis projektavimas	Derybos	Statyba	Po statybos
Projektavimas	Koncepciniai brėžiniai	Bendrieji brėžiniai ir perimetrai	Pirminiai projekto brėžiniai	Statybiniai brėžiniai ir specifikacijos	Atsakyti į klausimus ir įvertinti brėžinius	Projekto keitimas	Korekcinis projektas
Sąmatos	Laukiama kaina	Parametrinė sąmata	Pirminė sąmata	Galutinė sąmata	Rangovo pasiūlyta sąmata	Pakeista sąmata	Ekspertizinė sąmata
Nenumatytos išlaidos	50-100%	30-40%	20-30%	10%	0%	0%	0%

Sąmatininkas yra vienas iš svarbiausių darbuotojų rangovo organizacijoje, nes nei viena organizacija negali uždirbti pinigų iš kontraktų, kurių kaina žemiau savikainos. Ironiška tikėtis, kad sąmatininkas galėtų dirbti esant tokiam spaudimui, nešti finansinės atsakomybės našta dėl prastos sąmatos ir tuo tarpu paskaičiuotų sąmatą tiksliai, ypač pastebint sekančius dalykus [1]:

- Sąmatos įvertinimas, kuris patenkins specifikacijas ir reikalvumus, yra visada sudėtingas;
- Klaidos gali daug kainuoti, bet jos gali būti surastos ir pataisytos. Klaidos, sąmatinimo pradžioje, turi būti nustatytos sąmatininko;
- Nėra galimybės pataisyti klaidų sąmatose tada, kai pasiūlymas pateiktas;
- Sąmatinimo skyrius dirba po spaudimu;
- Dažniausiai nėra laiko patikrinimams;
- Nėra galimybių būti tikram dėl tikslumo;

- Kažkoks patikrinimas turi būti atliktas, bet tikslumas pradžioje negali būti kontroliuojamas;
- Rangovai negali sau leisti padidinti sąmatininkų personalo tam, kad patikrinti viską du kart;
- Sąmatininkas privalo žinoti tiksliai ką jis ar ji daro, turi dirbti greitai ir metodiškai, turi pasitikėti savim.

Bendrai kalbant, sąmatų sudarymas vyksta rangovams pereinant nuo projektavimo ir projekto įvesties iš daugelio išteklių ir suteikia įvairių projekto kontrolės sistemų išvestį. 1 lentelėje parodyti projekto planavimo ir kontrolės sistemų komponentai, kaip ir jų ryšys su sąmatomis. Keletas sąsajų dabar egzistuoja elektroninėje formoje, išskyrus tarp sąmatos ir specifikacijų. Visos anksčiau paminėtos problemos yra pablogintos fakto, kad sąmatininkai dažnai dirba neturėdami brėžinių ir specifikacijų. Tai ypač teisinga tada, kai projektas yra “preliminaraus projektavimo” ir netgi “galutinio projektavimo” etapuose. Esant tokioms aplinkybėms, neįmanoma išskaidyti pastatą į daugelį mažų detalių ir nieko nepraleisti, padaryti kažkokią klaidą, ar tiesiog prarasti duomenis. Yra nemažai knygų ir programinės įrangos, kurios skirtos sąmatiniams skaičiavimams, kurie yra naudingi sąmatininkui. Šios priemonės gali padėti pagerinant sugebėjimą atlikti sąmatinimo uždavinius. Tačiau, vien tik programinė įranga ir knygos negali suteikti reikiamos patirties. Rinkoje yra nemažai sąmatinių programų, duomenų bazių ir CAD sistemų, kurios prieinamos statybos pramonei. Atliekama daug tyrinėjimų, siekiant išspręsti problemas, kuriant patikimas sąmatas ankstyvuosiuose etapuose. Kai kurie tyrinėtojai koncentravosi gerinant sąmatų tikslumą, kiti bandė suprasti procesą ir sukurti pagrindinius principus.

Arditi David, Alnajjar Ahmed, Vingert Nicolas [1] sukūrė automatizuotą sąmatinę (HAES - hyper automated estimating support) kompiuterinę paramos sistemą. Naudojant samatinę programinę įrangą kartu su HAES, siekiama suteikti didesnę lankstumą, tikslumą,

greitį. Straipsnyje pateiktų tyrinėjimų tikslas - sukurti prototipinę sąmatinių skaičiavimų paramos sistemą HAES, kuri suteikia tokias funkcijas:

- Padėti sąmatininkams pašalinti nesutapimus tarp brėžinių ir specifikacijų;
- Įgalinti sumažinti klaidas sukeltas informacijos trūkumo;
- Leisti sąmatininkams “vizualizuoti” statybos informaciją ir susisteminti ją;
- Leisti sąmatininkams prieiti prie skirtingų informacijos priemonių.

Paprastai statybos kainos skaičiavimai yra ruošiami tam, kad identifikuoti reikalingas išlaidas, kurios reikalingos įvykdyti projektą pagal jo planus ir specifikacijas [27]. Per statybos projekto gyvavimo ciklą yra paruošiama daug sąmatinių skaičiavimų. Jie priklauso nuo informacijos ir brėžinių, kurie yra prieinami tuo metu. Tačiau mokslininkai ir praktikai pabrėžia preliminarinių sąmatų svarbumą. Tai yra todėl, kad jos suteikia projekto valdytojui patarimą, darant svarbius sprendimus, liečiančius projekto tęsimą ar atsisakymą. Be to, šios sąmatos klientams ir projektuotojams suteikia informaciją apie projekto biudžetą tam, kad paruošti preliminarų projektą, kuris tilptų į biudžetą. Nors galutinė projekto kaina ir nežinoma iki pat projekto pabaigos, sąmata turi būti pakankamai tiksli. Sąmatos tikslumas priklauso nuo informacijos kiekio, kokybės, laiko, skaičiavimo metodologijos per paruošiamąjį procesą. Didžioji dalis statybos kompanijos pasitikėjimo, ar bus įgyvendintas projektas, priklauso nuo sąmatininkų įgudžių ir jų kruopštumo. Panašiai sąmatų tikslumą įtakoja metodologija ir priemonės. Atitinkamai, priemonės gali padėti ruošiant sąmatas. Sąmatininkams reikalingos priemonės, kurios ne tik prognozuos ir atseks išlaidas, bet ir kurios sugebės sumažinti duomenų našumą ir suteiks patikimas ataskaitas. Automatizuojant sąmatų sudarymą, pageidaujama gerinti ne tik efektyvumą, bet taip pat pašalinti subjektyvius žmogaus faktorius, kaip įmanoma labiau [28]. Daugelis sąmatinių programų yra naudingos kaip priemonės, nepaisant to, programinė įranga reikalauja nemažai laiko vartotojui susipažinti su operacija. Papildomai naudojamos duomenų bazės, sukurtos programų pardavėjų, dažniausiai yra apibendrintos ir gali būti nesuderinamos su vartotojo padėtimi arba jos generuoja per daug nereikalingos informacijos.

Didžioji dalis programinės įrangos yra nukreiptos į detalizuotas sąmatas ir retai susiduria su preliminariais skaičiavimais.

Sąmatų sudarymo metodologijos patenka į dvi dideles kategorijas: stochastinės ir deterministinės. Stochastinių metodų algoritme naudojami nepriklausomi kintamieji apima modeliavimą, paremtą numatomais ar statistiniais ryšiais tarp projekto parametrų ir kainos. Deterministinių metodų algoritme naudojami nepriklausomi kintamieji yra sąmatinamo elemento tiesioginiai matavimo vienetai, tokie kaip tiesinis skaičiavimo rezultatas ar elementų matavimo vienetai padauginėti iš žinomų vieneto kainų. Deterministiniams sąmatiniams metodams reikalingas kiekių, kainų nustatymo ir apimtys pilnumo žinojimas su atitinkamu tikrumu. Kai projekto apibrėžtumo lygis padidėja, sąmatinimo metodologija pakrypsta nuo stochastinių metodų prie deterministinių.

Siekiant supaprastinti ir pagreitinti parametrinių ir preliminarinių sąmatų sudarymo procesą, buvo sukurta koncepcinė-sąmatinė pastato projektų kompiuterinė sistema [14] CCCE (computerized conceptual cost estimating). Ji skirta padėti sąmatininkams ruošti apytiksles sąmatas. Sistema sugeba generuoti preliminarias ir parametrines (kvadratiniam vienetui) sąmatas. Sistema susideda iš trijų modulių. Pasirinkta sistemos metodologija susideda iš informacijos valdymo sistemos, kuri susieja koncepcinio modeliavimo ir duomenų bazės kūrimo technologijas.

Koncepciniai sąmatiniai skaičiavimai atlieka svarbų vaidmenį pradiniais projekto sprendimams, nors apimtis dar ir nepilna ir maža informacijos dalis yra žinoma. Rifat Sonmez [27] straipsnyje aptariami dabartinių koncepcinių sąmatinių skaičiavimų metodų privalumai ir trūkumai, tap pat ir regresiniai, neuroninių tinklų, svyravimų skaičiavimo metodai koncepciniams sąmatiniams projektų skaičiavimams.

Koncepciniai sąmatiniai skaičiavimai, dar vadinami išankstiniais projekto sąmatiniais skaičiavimais, ruošiami ankstyvosiose projekto stadijose, iki tol, kol brėžiniai ir specifikacijos tampa prieinami. Šiame etape sąmatos reikalingos savininkams, rangovams ir projektuotojams

keletui tikslų: projekto įvykdomumo nustatymui, finansiniam alternatyvių projektų įvertinimui, pradinio biudžeto nustatymui. Konceptinės sąmatos nėra tikslios, nes projekto apimtis dar nėra galutinė ir projektavimo informacija dar nėra prieinama. Greita, nebrangi ir pakankamai tiksli sąmata yra reikalinga, tačiau ji turi būti paremta esama informacija.

Konceptinė sąmata palaiko projektavimą:

- Identifikuoja projektavimo proceso užbaigtumą ir išaiškina projekto apimtį;
- Sukuria pagrindą įvertinti inžinierinius ir projekto pokyčius;
- Suformuoja projektavimo ir statybos kalendorinius grafikus;
- Pabrėžia proceso projektinius sprendinius ir riziką.

Keletas koncepcinių sąmatinių skaičiavimo metodų yra pasiūlyti: regresinės analizės, modeliavimo, neuroninių tinklų. Regresinėje analizėje projekto kaina skaičiuojama su regresiniu modeliu, į kurį įeina keletas nepriklausomų kintamųjų. Kouskoulas ir Koehn [38] naudojo padėties, statybos trukmės, pastato tipo, aukštų skaičiaus kokybės ir statybos technologijos nepriklausomus kintamuosius paaiškinti kainos pokyčiams. Karshenas įrodinėjo, kad statinio tipas turi didelę įtaką projekto sąmatai, skirtingi pastatai turėtų būti studijuojami atskirai. Karshenas [39] akcentavo koncepcinio sąmatinių skaičiavimų modelio dėmesį į daugiaaukščius metalinius karkasus. Karshenas, kartu su Kouskoulas ir Koehn, atliko likutinės vertės analizę tam, kad galėtų patikrinti prognozes. Nei vienas iš modelių nebuvo pagrįstas metodais, tokiais kaip kryžminis pagrįstumas.

Touran [31] pasiūlė panaudoti Monte Carlo modeliavimo metodą su subjektyviomis sąsajomis su tikimybinio kainos skaičiavimu. Publikacijoje apie mažaaukščius pastatų projektus parodytas pasiūlytos procedūros pritaikymas. Sumodeliuoti duomenys buvo palyginti su realiais tam, kad sulygtinti tikslumą. Isidore ir Back aptarė sąmatos rizikos įvertinimo svarbą naudojant tikimybinį svyravimų skaičiavimą. Isidore ir Back [13] sukūrė integruotą skaičiavimų svyravimų ir tikimybinio planavimo metodą, pavadintą MSAT, ir panaudojo projektą pademonstruoti metodą.

Keletas autorių aptarinėjo potencialius neuroninių tinklų pritaikymus statybai. Pritaikymas: sprendimų paramos sistemos skirtos ruošti kainos pasiūlymus konkursams, statybos produktyvumo nustatymui, naujų statybos technologijų priimtinumui, įrenginių parinkimui ir t.t. Neuroniniai tinklai gali paskaičiuoti gan tikslias sąmatas, nenaudojant specifinių taisyklių ir ekspertų.

Neuroniniai tinklai turi ir trūkumų, jiems reikalingos detalios techninės žinios problemoms spręsti ir neuroninių tinklų pritaikymo kūrimui. Jie jautrūs duomenų, naudojamų mokymuisi, ruošimui ir organizacijai, kaip ir jų konfigūracijai. Jie mokosi iš ankstesnės patirties, kurią suteikia jau atlikti projektai.

Adeli ir Wu [12] darbe yra suformuluotas radialinės funkcijos neuroninis tinklas, pavadintas sureguliuotu (suderintu) neuroniniu tinklu, kartu suformuluota ir neuroninio tinklo sandara statybos projektų sąmatoms apskaičiuoti. Šis modelis yra pritaikytas įvertinti gelžbetoninių kelio dangų sąmatinę kainą. Naujasis skaičiuojamasis modelis paremtas tūriniu-matematiniu pagrindu, kuris padaro sąmatų skaičiavimą daug patikimesniu ir labiau nuspėjamu. Be to, duomenų triukšmo problema priimama racionali būdu.

Hegazy ir Ayed [9] panaudojo neuroninius tinklus koncepciniams sąmatiniams greitkelių projektų skaičiavimams. Hegazy ir Ayed panaudojo 14 projektų treniruotėms ir 4 projektus neuroninių tinklų modelių patikrinimui. Trys neuroninių tinklų modeliai su 10 kintamųjų buvo sukurti skirtingais metodais.

Viena iš neuroninių tinklų populiarumo priežasčių – atvirkštinio skleidimo (backpropagation - BP) algoritmo sukūrimas [11], kuris yra paremtas gradiento-kitimo optimizacijos metodu. Didžioji dauguma neuroninių tinklų pritaikymo statyboje paremta BP algoritmo panaudojimu pirmiausia dėl jo paprastumo.

Buvo bandoma panaudoti BP algoritmą numatant statybos kainų rodiklių pokyčius [11] keletui mėnesių į priekį, bet prieita išvada, kad “kainos rodiklių judėjimas yra sudėtinga problema ir negali būti tiksliai numatyta naudojant BP neuroninio tinklo modelį”.

Siqueira [26] aprašo automatizuotą sąmatinę sistemą (automated cost estimating system – ACE) mažaaukščiams metaliniams pastatams. Į ACE integruotos dirbtinio intelekto technologijos ir tradicinės elektroninės sprendimo lentelės. Neuroniniai tinklai naudojami sistemos tobulinimui. Šie tinklai panaudoja žinias gautas iš ankstesnių projektų tam, kad sukurti koncepcines sąmatas. Vartotojas gali pasirinkti parametrinę arba užsakymo dydžio sąmatas. Koncepcinės sąmatos bando susieti pagrindinius individualaus projekto parametrus su kaina. Kaip įrankis, neuroniniai tinklai suteikia daug privalumų: gebėjimas įvertinti sudėtingus atvejus kai naudojama daug parametrų, mokymasis iš pavyzdžių, apjungiant įvedimą ir išvedimą, skaičiavimo greitis, gebėjimas apibendrinti, leistinas klaidų nuokrypis. Aprašomam neuroniniam tinklui sukurti naudojamas bendras neuroninių tinklų regresijos algoritmas (general regression neural networks - GRNN). GRNN yra atvirkštinio skleidimo (backpropagation - BP) tinklo variacija.

Visi šie metodai turi tam tikrus koncepcinius samatinės kainos skaičiavimo privalumus ir trūkumus. Pagrindinis regresinių metodų trūkumas tas, kad jiems reikalinga apibrėžta matematinė kainos funkcijos forma, kuri geriausiai tiktų istoriniams duomenims. Kitas trūkumas - jų netinkamumas įvertinti didelius skaičius statybos projekto kintamųjų. Šie apribojimai prisideda prie mažo tikslumo. Regresinių modelių privalumas palyginus su neuroniniais tinklais - menkas parametrų panaudojimas. Tačiau regresinės analizės metodas reikalauja priimti sprendimus sąveikos požiūriu ir taip pat tarpusavio sąryšio klasę (kvadratinę, tiesinę). Vienas iš pagrindinių tikimybinių samatinių skaičiavimo metodų privalumų – gebėjimas sukurti samatų grupes įvertinant samatų neapibrėžtumą. Tačiau modeliuojant, turi būti pasirenkama duomenų tikimybinio pasiskirstymo funkcija. Kita vertus, paprastai naudojant neuroninių tinklų modelius, neskaitant neuroninių tinklų architektūros pasirinkimo, vartotojui nereikia daug dėmesio skirti pasirinkti ryšio klasę ar kintamųjų tikimybinį pasiskirstymą. Kiekvienas iš metodų turi tam tikrus privalumus, pragmatinį požiūrį panaudojant šių priemonių mišinį.

1.3. PASTATŲ IR STATINIŲ AUTOMATIZUOTO PROJEKTAVIMO SISTEMŲ APŽVALGA

Pastatų ir statinių automatizuoto projektavimo sistemas kuria nemažai organizacijų. Automatizuoto architektūrinio statybinio projektavimo darbus atlieka įvairios firmos, projektavimo ir mokslinio tyrimo institutai: “FORD”, IBM, “COMPUTEC” (JAV), “GEOPAT”, Diuseldorfo universitetas (Vokietija), “WEST SUSSEX”, “GOVENTRY”, Edinburgo universitetas (Didžioji Britanija), Olandijos architektūros mokslinio tyrimo institutas, Centrinis projektavimo mokslinio tyrimo institutas, Centrinis pramoninių pastatų mokslinio tyrimo institutas (Rusija) ir kitos, organizacijos [37].

Centriniame projektavimo mokslinio tyrimo institute sukurta žemės ūkio gamybinių objektų technologinės ir architektūrinės statybinės dalies automatizuoto projektavimo sistema “KREPST”. Įvairūs projektavimo sprendimo variantai rengiami varijuojant architektūrinių statybinių sprendimų, technologinių ir inžinerinių įrenginių išdėstymo, technologinių gamybos komponavimo schemų ir kitais galimais deriniais. Gautų variantų efektyvumas vertinamas remiantis 45 kriterijais (9 komponavimo, 22 ekonominiais ir 14 natūrinių). Visų kriterijų reikšmės pateikiamos displėjaus ekrane ar spausdinamos ant popieriaus matricos pavidalu. Galutinį sprendimą, parenkant racionalius variantus, priima projektuotojas (projekto vyriausiasis inžinierius), intuityviai įvertindamas gautus rodiklius.

Centriniame projektavimo mokslinio tyrimo institute sukurta gamybinių pastatų tūrinių-planinių sprendimų formavimo sistema. Keičiant pastato formą, ilgio, pločio ir aukščio santykius, tarpatramio ilgį, cechų ir patalpų išdėstymą bei kitus pastato parametrus, sudaroma galimų variantų aibė. Matematinės statistikos metodais (naudojant daugelio faktorių regresijos lygtis) išnagrinėta daug tipinių projektų ir sudarytos matematinės priklausomybės tarp pastato ilgio, pločio, tipinio narvelio ploto, aukštų skaičiaus, jų aukščio bei šiems tikslams įgyvendinti

reikalingų darbo sąnaudų ir pinigų. Be minėtų projektavimo sprendimo vertinimo rodiklių, apskaičiuojamų automatizuotu būdu, projektai papildomi kitais rodikliais, vertinamais pagal jų reikšmingumą balais. Pirmiausia apskaičiuojami atskiri rodikliai, o paskui jungiami į kompleksus (planinis sprendimas, rekonstrukcija, lankstumas, architektūrinė organizacija). Taigi iš pradžių suprojektuojama apie 150, po to galutiniam vertinimui atrenkama apie 20 sprendimo variantų. Projektavimo sprendimo variantus, remdamiesi gautais rodikliais bei intuicija, įvertina ir racionalų parenka įvairių specialybių projektuotojai (technologai, architektai, ekonomistai).

Panašiai projektavimo sprendimų variantai formuojami bei vertinami ir daugelyje kitų sistemų: “SOKPAD-75” (CPMTI), Rostovo inžinerinio statybos instituto, Leningrado instituto “TERMINAL”, “FORPROJEKT” (CPMTI), “SODA”, “SAPRO” (Praha, Čekoslovakija), “SDANIE” (Sofija, Bulgarija) ir kt. [36].

Kalifornijos universitete (JAV) sukurta racionalių gamybinių pastatų projektavimo sprendimų parinkimo sistema “CRAFT”. Efektyvus sprendimas parenkamas atsižvelgiant į krovinių srautų minimizaciją ir kitus neformalizuotus rodiklius (kokybės charakteristikas).

Masačusetso technologijos institute (JAV) sukurta patalpų komponavimo pastate ir pastatų komponavimo generaliniame plane sistema “IMAGE”. Galimi variantai kuriami ir projektavimo sprendimai vertinami dialoginiu režimu su kompiuteriu.

Hanoverio technikos universitete (VFR) sukurta automatizuoto gyvenamųjų namų ir nesudėtingų pramoninių objektų projektavimo sistema “GEOPLAN”. Projektuotojas, gretindamas įvairių elementų atvaizdus, displėjaus ekrane sukuria daug galimų variantų ir iš jų išrenka racionaliausią sprendimą.

Minėtuose darbuose daugiausia dėmesio buvo skiriama architektūriniams planiniams sprendimams, iš dalies paliekant nuošalyje galimus konstrukcinius sprendimo variantus, konstrukcijų gamybą, transportavimą, pastato statybą ir eksploatavimą. Šiuos trūkumus bandė pašalinti Centrinio pramoninių pastatų mokslinio tyrimo instituto sukurta sistema “EKOM”.

Pagal šią sistemą keičiant erdvinius planinius, konstrukcinius ir technologinius sprendimus, statybos trukmę, įvairių darbų atlikimo intensyvumą, galima gauti aibę galimų projektavimo sprendimo variantų. Kompiuteris, suformavęs galimus variantus, apskaičiuoja statybos organizavimo (darbų atlikimo trukmės, jų pradžios ir pabaigos, darbo imlumo), sąmatinius (statybos ir eksploatavimo), natūrinius (metalo, cemento, elektros energijos išeigos, darbo sąnaudų, reikalingų gamybai, surinkimui bei montavimui) ir kitus rodiklius. Pagal gautų rodiklių visumą specialistai parenka racionaliausią projektavimo sprendimą.

1.4. STATYBOJE TAIKOMI DAUGIAKRITERINIO ĮVERTINIMO METODAI IR MODELIAI

Statybos procesas yra sudėtingas kompleksas didelių projektų, į kuriuos įeina tarpusavyje glaudžiai susiję smulkesni projektai bei uždaviniai.

Sprendimų efektyvumas tiesiogiai susijęs su patirtimi, turimos informacijos kiekiu ir jos kokybe, jau išnagrinėtų ir įgyvendintų projektų skaičiumi ir informacija apie juos. Sprendimus puikiai galima įgyvendinti naudojant kompiuterinę įrangą [37].

Jau yra sukurta ir yra kuriamos įvairios sprendimų paramos sistemos (SPS), atliekami moksliniai jų skaičiavimai, tyrimai bei eksperimentai [28].

Remiantis adekvačiai nagrinėjama pastato gyvavimą apibūdinančia kriterijų sistema ir metodais, leidžiančiais atlikti projektų variantinį projektavimą ir daugiakriterinę analizę, išrenkamos geriausios alternatyvos. Daugiakriterinės analizės metu kompleksiškai nagrinėjamas visas pastato gyvavimo procesas. Todėl išrinkus efektyviausią projektą, kartu bus išrinktos jam įgyvendinti tinkamiausios suinteresuotos grupės, kurios tikslų nustatymo, projektavimo, statybos ir naudojimo procesuose priims racionalius sprendimus.

Šiuo metu pasaulyje sukurta nemažai ekspertinių sistemų ir sprendimų priėmimo metodų, taikomų įvairiose žmogaus veiklos srityse. Kadangi daugiakriterinės analizės

metodai priklauso sprendimų priėmimo metodų grupei, o jie savo ruožtu turi tam tikrų panašumų, palyginti su ekspertinėmis sistemomis, todėl toliau trumpai paanalizuojamos ekspertinės sistemos ir sprendimų priėmimo metodai.

Ekspertinės sistemos statybos srityje dar gana mažai taikomos, taigi ir dabar veikiančių tokių sistemų nėra daug. Nepaisant to, šioje srityje jaučiamas tam tikras pagyvėjimas. Dauguma iki šiol sukurtų ekspertinių sistemų pritaikytos dirbti su asmeniniais kompiuteriais, jos sudarytos remiantis galiojančiomis taisyklėmis ir taikomos kaip instrumentas komercinėse ekspertinėse sistemose. Ekspertines sistemas galima sugrupuoti į keturias kategorijas[36]:

- veikiančios ekspertinės sistemos - tai patvirtintos ir išstobulintos ekspertinės sistemos. Jos nuolat taikomos, ir tai daro ne jų kūrėjai;
- veikiantys prototipai - tai ekspertinės sistemos, kurios buvo įgyvendintos ir taikomos, bet jas dar reikia patvirtinti ir tobulinti;
- tobulinamos ekspertinės sistemos - tai praėjusios sumanymų stadiją ekspertinės sistemos, kurių pirmieji prototipai jau sukurti;
- koncepcinės stadijos ekspertinės sistemos - tai dar tik projektuojamos ir pradinės mokslinio įvertinimo stadijos ekspertinės sistemos.

E. K. Zavadskas [36-40] savo darbuose išnagrinėjo ir pritaikė statyboje įvairius projektų daugiakriterinio įvertinimo metodus: lošimų teorijos kriterijus (Valdo, Sevidžo, Gurvico, Maksimakso), apibendrintus kriterijus (adityviniai, vidutiniškai svertinės priimamo sprendimo sėkmės, multiplikatyvieji, kombinuotieji, naudingumo funkcijos, artumo idealiam taškui), nuoseklaus optimizavimo metodus (sprendimų suderinamumo, prioritetų nustatymo, nedominuojančių variantų išrinkimo), sintezės metodus.

Zavadskas ir kiti autoriai [36, 37, 39] pateikia keletą būdingų daugiakriterinių sprendimų priėmimo metodų, tinkančių diskretinėms alternatyvioms problemoms spręsti:

- reikšmingumo metodai (MacCrimon);
- daugiakriterinė naudingumo teorija (Keeney, Raiffa);

- nustatomos vertės teorija (Dyer, Sarin);
- analitinis hierarchinis metodas (Saaty);
- papildomo reikšmingumo įvertinimo funkcija su daline informacija (Kinwood, Sarin);
- daugiakriterinis metodas, kai informacija neišsami (Weber);
- alternatyvų lyginimas poromis, remiantis įprastiniais kriterijais (Koksalan, Kanvan, Zionts);
- supaprastintas daugiakriterinis naudingumo metodas (Einhorn ir McCoach);
- Electre I, II ir III (Roy, Vincke);
- panaudojamumo įvertinimas (Keeney);
- kompromisinis programavimas (Zeleny);
- dirbtinės (netikros) vertės išvengimas (Haimes);
- daugiakriterinis Simplekso (Yu, Zeleny);
- galimų nuostolių išvengimo (Goicoechea, Duekstein) ir kitus.

Kiekvienas šių metodų faktiškai atstovauja grupei metodų, turinčių panašias charakteristikas.

Tikslai, kurių siekiama taikant įvairius daugiakriterinius sprendimo priėmimo metodus, ir požymiai, pagal kuriuos galima įvertinti kiekvieno tikslo pasiekimo laipsnį, buvo nustatyti intensyviu literatūriniu darbu ir per diskusijas su sprendimo priėmimo specialistais. Šie reikalavimai (požymiai) išdėstyti hierarchine tvarka. Pagrindinis jų tikslas - išrinkti efektyvius metodus, leidžiančius realiai įvertinti nagrinėjamas alternatyvas. Juo labiau daugiakriteriniai sprendimo priėmimo metodai tenkina žemiau pateiktus reikalavimus, tuo geriau juos taikyti praktiškai [36]:

1. Daugiakriterinio sprendimo priėmimo metodo ir nagrinėjamos problemos abipusis atitikimas:

- 1.1. šiuo metodu išspręstų uždavinių skaičius;

- 1.2. metodo pritaikomumas;
- 1.3. vertinamų alternatyvų didžiausias galimas skaičius;
- 1.4. kriterijų, kuriais apibūdinamos alternatyvos, didžiausias galimas skaičius.
2. Daugiakriterinio sprendimo priėmimo metodo atsižvelgimo į sprendimą priimančių specialistų nuomonę laipsnis ir jau turimos subjektyvios bei objektyvios informacijos apie sprendžiamą uždavinį abipusis atitikimas:
 - 2.1. metodo atsižvelgimo į sprendimą priimančių specialistų nuomonę laipsnis;
 - 2.2. informacijos apie sprendimą priimančių specialistų nuomonę, kuri bus svarbi taikant šį metodą, lygis;
 - 2.3. informacijos apie nagrinėjamus variantus išsamumas;
 - 2.4. gautų rezultatų patikimumo analizės galimybė.
3. Ištekliai konkrečiam metodui taikyti:
 - 3.1. laikas, reikalingas apmokyti naudotis metodu darbuotoją, neturintį jokių žinių apie šį metodą;
 - 3.2. laikas, reikalingas atlikti daugiakriterinį įvertinimą darbuotojo, mokinčio taikyti šį metodą;
 - 3.3. konkrečiu metodu išspręsto daugiakriterinio uždavinio kaina.

Viena iš galimų sprendimo priėmimo metodų klasifikacijos yra normatyvinių metodų klasifikacija pagal informacijos tipą, gautą iš SPA [32]:

1. **Metodai pagal kiekybinius matavimus.** Šitai grupei priklauso plačiai žinomi metodai, pagrįsti daugiakriterine naudingumo teorija (Кини, Райфа 1981; Hwang, Yoon, 1981; Triantaphyllou 2000), taip pat daugybė naujų metodų. Šie metodai (LINMAP - *Linear Programming Techniques for Multidimensional Analysis of Preference* (Srinivasan, Shocker, 1973; Hwang, Yoon, 1981); TOPSIS - *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution* (Yoon, Hwang, 1981; Arditi, Gunaydin, 1998); SAW - *Simple Additive Weighting* (MacCrimmon, 1968) ir kt.) yra

griežtai matematiškai pagrįsti. Pagrindas yra aksiomų sistema, kurią turi tenkinti SPA pirmenybės aksiomomis įrodomos teoremos apie SPA naudingumo funkcijos egzistavimą. Alternatyvų naudingumo funkcija išreiškiama rodiklių reikšmingumo koeficientais ir vienkriterinėmis naudingumo funkcijomis. Dažnai naudojama naudingumo funkcijos adityvioji forma. Gauta naudingumo funkcija leidžia įvertinti bet kurias alternatyvas.

2. **Metodai pirminių kokybinių matavimų pagrindu**, kurių rezultatai iš karto įgauna kiekybinį pavidalą. Šiai grupei priskiriami **analitinės hierarchijos metodai** (Саати, Керне, 1991), taip pat **metodai, naudojantys neapibrėžtas aibes** (Zadeh, 1965). Plačiausiai žinomos dvi metodų grupės[32]: analitinės hierarchijos metodai (Саати, Керне, 1991; Saaty, 1994; Saaty, 1990; Saaty, 1980) ir metodai, naudojantys neapibrėžtas aibes (Zadeh, 1965; Zadeh *et al.*, 1975; Zadeh, 1978). Analitinės hierarchijos metodų pagrindas - hierarchinės schemos porinis parametrų palyginimas: tikslai, rodikliai, objektai. Lyginama kiekybiniu pavidalu, nustatant devynių įvertinimų skalę (didelis pranašumas, esminis pranašumas, lygybė ir t.t.). Šie įvertinimai verčiami kiekybiniais rodikliais. Porinių lyginimų kiekybiniai rodikliai naudojami matricoje, pagal juos skaičiuojama kiekybinė alternatyvų efektyvumo reikšmė. Atsirandant naujai alternatyvai, visi skaičiavimai kartojami.
3. **Metodai kiekybinių matavimų pagrindu, kai naudojami keli indikatoriai alternatyvoms lyginti (lyginamosios preferencijos metodai)**. Šiai grupei priskiriami lyginamosios pirmenybės metodai (Roy, 1996). Nagrinėjamą grupę sudaro [32]: ELECTRE I (Roy, 1968); ELECTRE IS (Roy, Skalka, 1984; Roy, Bouyssou, 1993); ELECTRE II (Roy, Bertier, 1973); ELECTRE III (Roy, 1978); ELECTRE IV (Roy B., Hugonnard, 1982); ELECTRE TRI (Roy, Bouyssou, 1993; Mousseau, Slowinski, 1998); FROMETHEE I ir II (Brans, Mareschal, Vincke, 1984; Brans, Vincke, Mareschal, 1986); MELCHIOR (Leclercq, 1984); TRICHOTOMIC

SEGMENTATION (Moscarola, Roy, 1977); QUALIFLEX (Paelinck, 1978); ORESTE (Roubens, 1982); TACTIC (Vansnick, 1986); MAPPAC (Matarazzo, 1990; Matarazzo, 1986); UTA (Jacquet-Lagrèze, Siskos, 1982; Kostkovski, Slowinski, 1996; Beuthe, Scannella, 2001); PRAGMA (Matarazzo, 1988); CARTESIA (Giarlotta, 1991) ir kt. metodai. Metodų pagrindas - porinis alternatyvų lyginimas, atliekamas specialiais sutikimo ar nesutikimo indeksais. Tikrinama vienos alternatyvos pranašumo kitos atžvilgiu hipotezė. Sutikimo indeksas randamas nustatant SPA rodiklių reikšmingumo koeficientus. Nesutikimo indeksas nustatomas pagal kriterinius alternatyvų įvertinimus. Sutikimo ir nesutikimo indeksai nesiejami, o naudojami atskirai. Kiekvienam analizės etapui nustatoma žemiausia sutikimo indekso reikšmė ir aukščiausia nesutikimo indekso reikšmė, kurioms esant vienos alternatyvos pranašumas realizuojamas kitos atžvilgiu. Kaip ir analitinės hierarchijos metoduose, vertinamos ir lyginamos tik nustatytos alternatyvos. Šios metodų grupės skirtumas - alternatyvų nepalyginamumo santykis, esant tam tikroms indeksų reikšmėms.

4. **Metodai, pagrįsti kokybiniais matavimais, nepereinant prie kiekybinių kintamųjų.** Šiai grupei priklauso **verbalinės analizės sprendimų metodai** (Ларичев, Мошковч, 1996). Verbalinės analizės sprendimų metodai įvertina kognityvinius ir SPA elgsenos aspektus. Visų pirma, kokybiniai matavimai leidžia gauti nėstruktūrizuotų problemų apibūdinimus, artimus realiams. Antra, sprendimo priėmimo taisyklių, atitinkančių žmogiškosios informacijos sistemos perdirbimo galimybių naudojimą, leidžia pagrįsti metodus psichologiniu požiūriu. Trečia, specialios informacijos nesuderinamumo tikrinimo procedūros užtikrina gaunamos informacijos patikimumą ir suteikia SPA galimybių pamažu tobulinti sprendimų taisykles. Ketvirta, aiškinimų gavimo galimybės padidina sėkmingą praktinį metodo taikymą. ZAPROS metodas - atraminių situacijų uždaros procedūros (Ларичев,

Зуев, Гнеденко, 1978; Ларичев, 2000). Pirma ZAPROS versija buvo publikuota 1978 m. (Ларичев, Зуев, Гнеденко, 1978), antra versija (Larichev, Moshkovich, 1995) plėtoja pirmosios idėjas. Abi versijos sukurtos pagal panašias SPA informacijos paėmimo procedūras. ZAPROS III metodas (Larichev, 2001). Šis metodas priklauso ZAPROS grupės metodams ir turi efektyvesnių uždavinių sprendimo priemonių. ZAPROS III metodu taikoma pranašumo nustatymo procedūra, parodyta pirmoje versijoje (Ларичев, Зуев, Гнеденко, 1978). Bet ši procedūra turi modifikuotą struktūrą. PARK metodas (Ларичев, Мошкович, 1996). PARK metodu priimami strateginio pasirinkimo uždavinių sprendimai ir PARK metodu galima nagrinėti sudėtingas alternatyvas, bet alternatyvų turi būti gana mažai.

5. **Ypatinga sprendimo priėmimo uždavinių grupė: nestruktūrizuotos problemos su kiekybiniais kintamaisiais.** Nestruktūrizuotoms problemoms priskiriami ekonominio ir politinio pobūdžio strateginių sprendimų priėmimo klausimai, mokslinių tyrimų darbų bei projektų konkursai ir t.t. Tokias problemas charakterizuoja kokybiniai bruožai, todėl jie labai sunkiai sprendžiami. Be to, trūksta patikimų kiekybinių modelių. Galima išskirti bendrus nestruktūrizuotų problemų bruožus [32]: a) Jos yra unikalios, nes kiekvieną kartą problema yra nauja ir nežinoma SPA, arba turi naujų savybių, palyginti su panašiomis ar anksčiau žinomomis problemomis; b) Problemos yra susijusios su alternatyvių variantų vertinimo neapibrėžtumu, kurį sprendimo metu lemia objektyvios informacijos trūkumas; c) Sprendžiant alternatyvių variantų uždavinius, problemos dažniausiai išreiškiamos kokybine išraiška ir suformuluotos tekstu; d) Alternatyvos gali būti vertinamos tik subjektyvių prioritetų nustatymo pagrindu pagal SPA (arba SPA grupės). SPA pasitikėjimas vienokiais ar kitokiais sprendimo eigos variantais yra priimančiojo sprendimus pagrindas, leidžiantis pereiti nuo atskirų kriterijų prie bendrųjų alternatyvų vertinimo; e) Alternatyvas pagal atskirus kriterijus gali vertinti

tik ekspertai. Dažniausiai nėra galimybių įvertinti atskirų kriterijų pagal objektyvią skalę. Be to, ekspertai gali patikimai įvertinti alternatyvas pagal nagrinėjamus kriterijus tik santykinai, t. y. nustatyti, kuo vienas variantas geresnis už kitą.

SPA išskiriamas kaip sprendimo priėmimo proceso pagrindinis elementas. Palyginti su operacijų tyrimo metodais, sprendimų priėmimo metodai skirti SPA subjektyviam požiūriui modeliuoti. Būtent dėl to priimant sprendimus yra svarbios žmogaus galimybės ir gebėjimai apdorojant informaciją. Žinios apie SPA elgsenos ypatumus sprendimų priėmimo metu turi iš esmės veikti nestruktūrizuotų problemų analizės metodus. Būtent šis teiginys yra svarbiausias verbalinei sprendimų analizei. Kuriant nestruktūrinių problemų analizės metodus daugiausia dėmesio turi būti skiriama šiems klausimams: 1) kokybinių kintamųjų matavimo būdams; 2) sprendimo taisyklės kūrimo būdams; 3) SPA informacijos prieštaringumo tikrinimui.

Didelio kiekio operacijų analizė apie informacijos apdorojimą parodė, kad tokių operacijų kokybiniai kintamieji dažniausiai yra [32]: a) dviejų vertinimų lyginimas dviejų kriterijų verbalinėje skalėje; b) daugiakriterinių alternatyvų priskyrimas sprendimų klasėms; c) lyginamasis žodinis alternatyvų kokybės vertinimas pagal atskirus kriterijus. Išvardytos operacijos buvo naudotos sprendimų analizės verbaliniuose methoduose ЗАПРОС, ЗАПРОС III, ОРКЛАСС, ПАРК, ЦЫКЛ (Ларичев, Мошкович, 1996; Ларичев, Зуев, Гнеденко, 1978; Larichev, 2001; Асанов *et al.*, 2001; Ларичев, Ворисенков *et al.*, 2001).

6. **Įvertinimų ir klasifikacijos verbalinės analizės metodai.** Sprendimų priėmimo procese svarbi klasifikacijos reikšmė, t. y. objektų santykis su sprendimų klasėmis. Dažniausiai teigiama, kad sprendimų klasės išdėstytos pagal kai kurias savybes: techninių bei technologinių sprendimų racionalumas, kreditinio projekto vertė ir t.t. Klasifikuojami objektai apibūdinami įvairių efektyvumo rodiklių įvertinimais, kurie gali būti ir kokybiniai, ir kiekybiniai. Yra žinoma įvairių daugiakriterinės klasifikacijos

uždavinių sprendimo metodų (de Montgolfier, Bertier, 1978; Larichev, Moshkovich, 1994). Vienas pirmųjų šio uždavinio sprendimo metodų buvo ORKLASS (ordinalioji klasifikacija) (Ларичев, Мечитов *et al.*, 1989; Ларичев, Борисенков *et al.*, 2001), DIFKLASS (Ларичев, БОЛОТОВ, 1996), vėliau buvo sukurtas CIKL (Асанов, Борисенков, *et al.*, 2001; Ларичев, Леонов, 2000) metodas. Klasifikacijos ir įvertinimo verbalinės analizės metodai buvo taikomi banko kreditams analizuoti ir įvertinti.

Daugiakriteriniam projektų įvertinimui (DPI) taikomi daugiakriterinio optimizavimo ir žaidimų teorijos metodai. Teigiama, kad DPI variantai (alternatyvos) - daugiakriteriniai, t. y. juos apibūdina skirtingų matavimo vienetų kriterijų reikšmių kompleksas (vektorius).

Statybos pramonėje yra įvairių DPI uždavinių. Juos sprendžiant naudojama tam tikrą skirtingos struktūros ir patikimumo lygio informacija. Dažniausiai uždaviniams spręsti naudojama kardinalinė (skaitmeninė) informacija. Tačiau pasitaiko, kad tenka naudotis ordinaline (sekos) arba ordinaline ir kardinaline informacija tuo pat metu. Sprendžiant DPI uždavinius, kriterijų reikšmingumai gali būti žinomi arba ne. Kriterijų reikšmės gali būti determinuotos arba tikimybinės (stochastinės).

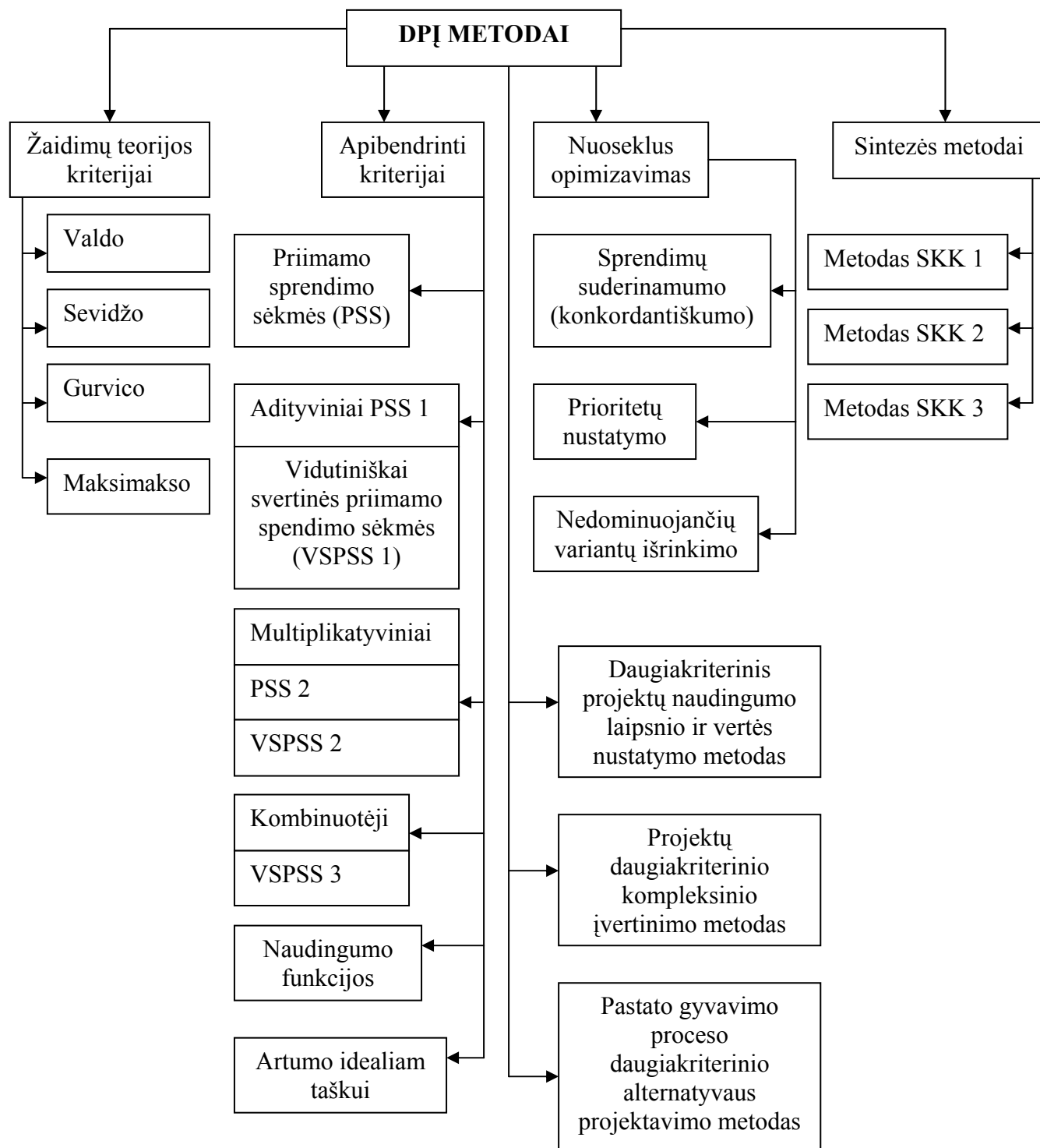
Neatsižvelgiant į pradinės informacijos tipą ir lygį, DPI modeliai leidžia spręsti daugumą uždavinių.

DPI tikslas - perdirbti pradinę informaciją, pateiktą sprendimų priėmimo matricos pavidalu, kuri taip apibūdina lyginamus variantus, kad būtų galima išrinkti geriausią arba sudaryti jų prioritetiškumo eilę.

DPI metodo parinkimas priklauso nuo pradinės informacijos. Pagal jos turinį, sprendžiant daugiakriterinius uždavinius, galimi šie DPI metodai [39]:

1. Nereikalaujantys papildomos informacijos apie kriterijų reikšmingumą;
2. Reikalaujantys informacijos apie kriterijų reikšmingumą;
3. Reikalaujantys informacijos apie lyginamų variantų reikšmingumą.

Statyboje naudojami daugiakriterinio projektų įvertinimo metodai yra šie (1 pav.):



1 pav. Daugiakriterinio projektų įvertinimo metodai statyboje

Išrinkti geriausią projektų variantą arba nustatyti variantų prioritetiškumą galima pagal modelį be pakeitimo ir su pakeitimu (atitinkamai be kompensacijos ir su kompensacija).

Bekompensaciniuose modeliuose, pablogėjus vienam kriterijui, sumažėjusio projekto efektyvumo negalima kompensuoti gerinant jį pagal kitą kriterijų. Kiekvienas rodiklis šiuo atveju laikomas visiškai atskiru. Bekompensaciniai DPI modeliai yra santykinai paprasti ir turi ribotas galimybes. Jiems priskiriami žaidimų teorijos modeliai.

Kompensaciniuose modeliuose, pablogėjus vienam kriterijui, projekto efektyvumo sumažėjimą galima kompensuoti gerinant jį pagal kitus kriterijus. Tokio pakeitimo galimybės yra plačios ir tiesiogiai priklauso nuo sprendžiamo uždavinio pobūdžio bei specialisto, priimančio sprendimą.

Jei bekompensaciniuose modeliuose įvertinamus variantus tenka lyginti pagal kiekvieną rodiklį, tai kompensaciniuose modeliuose kiekvieną variantą apibūdinanti kriterijų sistema perskaičiuojama į vieną kriterijų, pagal kurį projektai lyginami ir išrenkamas geriausias. Atsižvelgiant į tai, kokiais principais remiantis nustatomas minėtas kriterijus, kompensaciniai modeliai gali patekti į vieną iš trijų grupių [36]:

1. Modeliai, kuriuose išrenkamas naudingiausias variantas. Pagrindinė šių modelių problema - tinkamiausios naudingumo funkcijos nustatymas;
2. Modeliai, kuriuose išrenkamas daugiatis, artimiausias idealiam, variantas. Tai vadinamieji kompromiso modeliai;
3. Suderinamumo (konkordantiškumo) modeliai, kuriuose pateikiami prioritetiškumo santykiai, turintys didžiausią konkordantiškumo lygį.

Taigi trumpai apžvelgus ir atlikus trumpą analizę esamų modulių, metodų bei išspręstų realių statybos proceso uždavinių [36, 39] taikant šiuos metodus, daroma išvada, kad šie anksčiau pateikti metodai yra skirti etapiniams sprendimams priimti. Tačiau iškilus būtinybei atlikti papildomus skaičiavimus, duomenų bazės papildymus, reikia įdėti daug darbo ir pastangų, t y. pakartotiniams skaičiavimams sugaištama daug laiko.

Atliekant daugiakriterinį variantinį projektavimą dažnai reikia priimti sprendimą analizuojant, jungiant kelis uždavinius į visumą. Taip yra atliekama kelių tarpusavyje

susijusių statybinių uždavinių sintezė [28]. Kaip pasirodė toliau analizuojant galimus sprendimų variantus, galimi keli uždavinių sintezavimo variantai:

1. Projektų efektyvumo lygis nustatomas, kai daliniai sprendiniai skirtinguose etapuose yra priimami pagal skirtingas projektų rodiklių grupes, kurios skiriasi tiek savo tipu, tiek dimensijomis.
2. Projektų efektyvumo lygis nustatomas, kai daliniai sprendiniai skirtinguose etapuose yra priimami pagal projektų rodiklių grupes, vienodas visiems priimamo sprendimo etapams.

Idėja taikyti šiuos metodus daugiakriteriniams sprendimams priimti pirmą kartą iškelta jau seniau [28], tačiau tai nebuvo galutinai išnagrinėta ir pritaikyta naujai kuriamose sprendimų paramos sistemose statyboje.

Priimant atskirus sprendimus etapais ir pasirinkus variantinį projektavimą, bandant sujungti atskirus sprendimus į visumą, yra prarandamas laikas, koregavimo galimybė ankstesniuose etapuose, mažėja bendro priimamo sprendimo efektyvumas. Tai yra patys svarbiausi momentai, nes laikas yra pinigai, o sprendinio efektyvumas - pagrindinis šioms sistemoms keliamas uždavinys.

2. AUTOMATIZUOTAS SĄMATŲ SKAIČIAVIMAS

2.1. AUTOMATIZUOTAS SĄMATŲ SUDARYMAS 3D CAD TERPĖJE

Iki šiol nebuvo bandyta automatizuoti šio proceso ar pasiūlyti projektuotojui priemones, leidžiančias interaktyviai įvertinti statinio (ar jo atskirų elementų) kainą [23]. Tuo tarpu, šiuolaikinių projektavimo sistemų, pagrįstų objekto modeliavimo metodu (CAD OM), integracija su sąmatinėm programom yra galima, panaudojant visą prieinamą informaciją ir

priemonės maksimaliai. Tai ir yra vienas iš pastato informacinio modelio (BIM) metodo aspektų. Norint valdyti projektą, visų pirma yra reikia sukurti 3D objekto modelį ir atlikti projekto įgyvendinimo simuliaciją. Tam reikia sukurti teorinį 3D pastato informacinį modelį (3D BIM), kuris susideda iš intelektualių tūrinių elementų.

Išsprendus šias problemas projektuotojas gaus priemones, įgalinančias įvertinti statinio ar atskirų jo dalių ekonomines sąnaudas pasirinktu detalumo lygiu – nuo “grynų” medžiagų specifikacijų iki beveik pilnų sąmatų, kuriose įvertinta ir darbo jėga, ir visos papildomos medžiagos, ir reikalingi mechanizmai, ir priskaičiavimai (pvz., linijinio personalo darbo užmokestis, SODROS mokesčiai, pelnas ir pan.).

Tai autorių grupės bendras projektas skirtas išspręsti šią problemą. Projekto įgyvendinimui visų pirma buvo suformuluota tarpusavio ryšio tarp grafinio-informacinio pastato modelio ir sąmatos koncepcija, sukurti metodai klasifikuoti konstrukcinius elementus ir medžiagas, sukurtos visos reikalingos programinės priemonės ir duomenų struktūros:

- Tipinių gaminių (konstruktyviniai objektų elementai) ir tipinių medžiagų duomenų bazės integruotos į CAD OM išsprendžia formalaus visų elementų ir medžiagų struktūros aprašymo problemas. Tipinių elementų ir medžiagų aprašymas palengvina projektuotojo ir sąmatininko darbus;
- Tipinių sąmatinių fragmentų bazė, susieta su tipinių gaminių ir medžiagų baze, įgalina automatinį (programinį) įkainių parinkimą;
- Specialūs sąmatinių programų moduliai įgalina sudaryti įvairaus detalumo sąmatas iš CAD OM specifikacijų (grynai medžiaginę, su kainomis arba be, arba pilną, su visais reikalingais darbais ir papildomais resursais) bei sutikrinti jau sudarytą sąmatą su specifikacija ir išryškinti pasikeitimus.

Užduoties įgyvendinimas sąlygojo plataus pobūdžio problemas susietas su įvairiais klausimais. Visa tai priedė prie poreikio sukurti unifikuotą tipinių gaminių ir medžiagų klasifikatorių integruotą į CAD OM. Klasifikatorius įgalina projektuotoją apašyti

konstruktyvinius elementus, apibūdinti jų medžiagas tam, kad užtikrintų atitinkamą medžiagos supratimą (3D modelis, brėžiniai, specifikacijos) kitiems projektavimo dalyviams.

3D modelio ir tipinių elementų sukūrimo dalys:

- remiantis esamais brėžiniais ir statybos projekto modeliu, sukuriamas 3D BIM (pastato informacinis modelis);
- sukurto 3D modelio elementai yra susiję su tipiniais elementais iš statybos elementų ir resursų klasifikatoriaus;
- papildomai aprašius ir parametrizavus, statybos projekto išlaidų sąmata yra generuojama automatiškai.

3D modelio ir tipinių elementų sukūrimo privalumai ir nauda:

- gaunami tikslūs konstrukcinių elementų kiekiai;
- sutaupomas laikas išvaistytas rankiniam skaičiavimui;
- patikrinamas brėžinių tikslumas;
- naudojami tipinių elementų ir statybos medžiagų klasifikatoriai leidžia kontroliuoti ir analizuoti darbų eigą, resursų išlaidas suvienodintoje sistemoje;
- sąmatinė projekto kaina yra gaunama kartu su sąmatine dokumentacija.

MicroStation TriForma iš bendrojo pastato modelio generuoja:

- specifikacijas;
- ataskaitas;
- projekto biudžeto skaičiavimus.

Naujos projekto modelio redakcijos automatiškai atnaujina duomenis, reikalui esant galima prijungti ir naudoti išorines duomenų bazines.

Problemos:

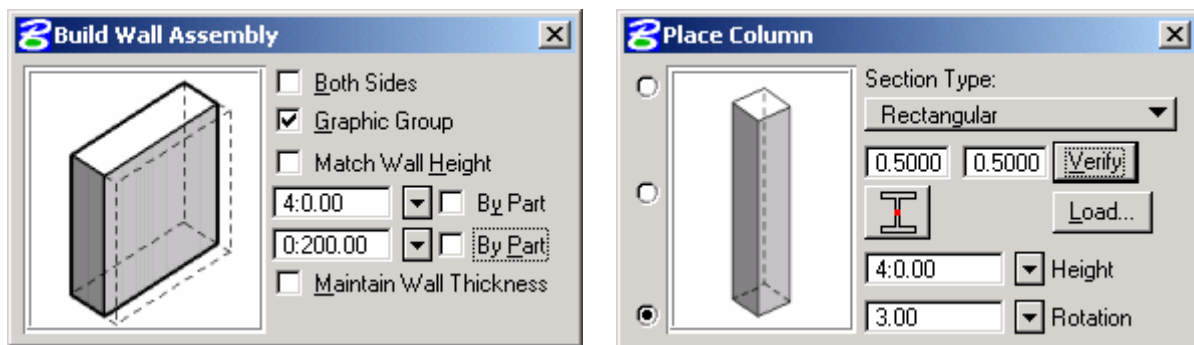
- Nors galima įvertinti medžiagų sudėtį, kiekius ir, atitinkamai, jų kainą, nėra būdo įvertinti papildomas medžiagas, darbo jėgą, mechanizmus;
- Nėra grafinių elementų surišimo su technologija;

- Negaunama įprasta sąmata.

Norint išspręsti šias problemas, reikia papildyti *MicroStation TriForma* aplinką nauju programiniu moduliu, kuris leistų susieti grafinį elementą su jo pagaminimo/sumontavimo technologija.

Įprastas 3D modelis – tai modelis, be geometrinių parametrų, savyje neneša daugiau jokios informacijos, todėl naudos iš tokio modelio yra labai mažai. Dažniausiai tokie modeliai tarnauja tik vizualizacijos kūrimui ir kokiam tai bebūtų ekonominiam įvertinimui, be abejo, netinka. Mus domina toks 3D modeliavimo tipas, kuris leistų sukurti pilnavertį, vientisą pastato modelį.

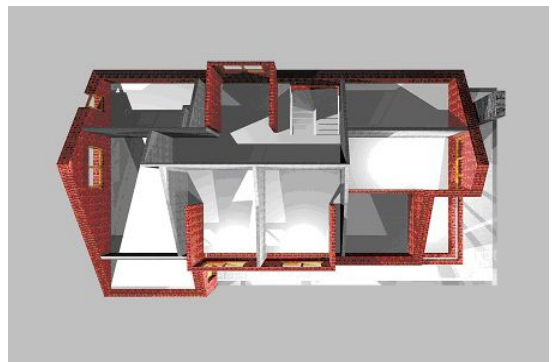
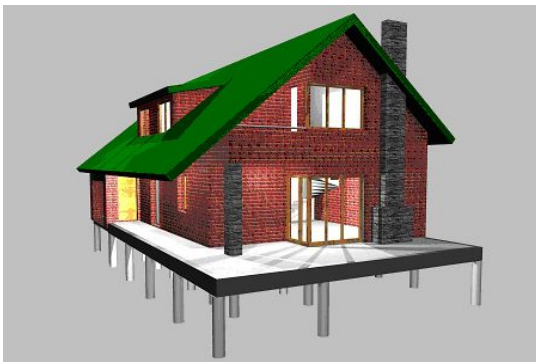
Viena iš esminių OM technologijos inovacijų apima komponentų modeliavimą. Anksčiau automatizuotos projektavimo sistemos buvo pritaikytos dirbti vienam vartotojui duomenų bylos lygyje ir to rezultatas buvo duomenų izoliacija nuo kitų vartotojų. Komponentinio modeliavimo technologija leidžia dirbti lygiagrečiai su visais projektavimo duomenimis, duomenų komponentų lygyje, apimant visą projektavimo ciklą vartotojų grupės mastu. Inžineriniai komponentai yra grafiniai-skaitmeniniai tikrų objektų modeliai. Šie duomenys apibūdina tikrų objektų geometriją, savybes, ryšius ir požymius. Yra priimta, kad pastatas susideda iš elementų ir dalių besiskiriančių funkcijom, savybėm, gamybos technologija. Dalis gali apimti paprastą konstrukcinį elementą (pamatai, kolonos, grindų plokštė ir t.t.) arba kompleksinę konstrukciją (langas, daugiasluoksnė siena ir t.t.). Šių dalių pavyzdžiai ir pateikti 2 paveiksle.



2 pav. Konstruktyvinių elementų grafiniai modeliai

Visi elementai ar dalys turi specifinę 3D formą. Brėžinyje kiekvienas elementas yra pažymėtas ar parodytas atitinkamai (linijos storis, spalva, sluoksnis, brūkšniavimo tipas ir t.t.). Vartotojas gali papildomai priskirti parametrus charakteringus tikram daiktui: medžiaga, fizikinės jos savybės, klasė ar standartas, susieti elementą su techninėmis specifikacijomis ir aprašymais, priskirti kainas ir normas. Tai yra atliekama naudojant egzistuojančias ar kuriant nuosavas duomenų struktūras.

Visi grafiniai objektai yra tūriniai kūnai, jie yra parametriškai valdomi ir intelektualūs, t.y. kiekvienas objektas „žino“ apie save ne tik kiekybinę [19] (ilgį, plotą, tūrį ir pan.), bet ir kokybinę (medžiagą, sudėtį) informaciją (3 pav.), gali išsaugoti sukūrimo istoriją ir netgi „atpažinti“ savo kūrėją.



3 pav. Pastato konstruktyviniai elementai grafiškai modeliuojami, kaip tūriniai, o saugomos informacijos požiūriu – kaip intelektualūs elementai.

Visas projektas ir atskiros jo dalys projektuojami vientiso pastato modelio kontekste. Visa tai suteikia neribotas galimybes ne tik greitai ir efektyviai kurti, keisti ir redaguoti objektų formą, bet ir saugoti bei valdyti jų atributinę informaciją, naudojant pastato 3D modelį. Tuo tarpu 2D informacija t.y. įvairūs brėžiniai (planai, pjūviai, fasadai mazgai) ir kita projektavimo dokumentacija (medžiagų sąrašai, specifikacijos, ataskaitos, skaičiavimai) yra generuojami iš 3D modelio [19].

Sakoma, kad pastatas susideda iš atskirų elementų ir dalių, atsižvelgiant į jų funkcijas ir savybes. Tokia dalis gali būti paprastas (vientisas) arba sudėtinis gaminys.

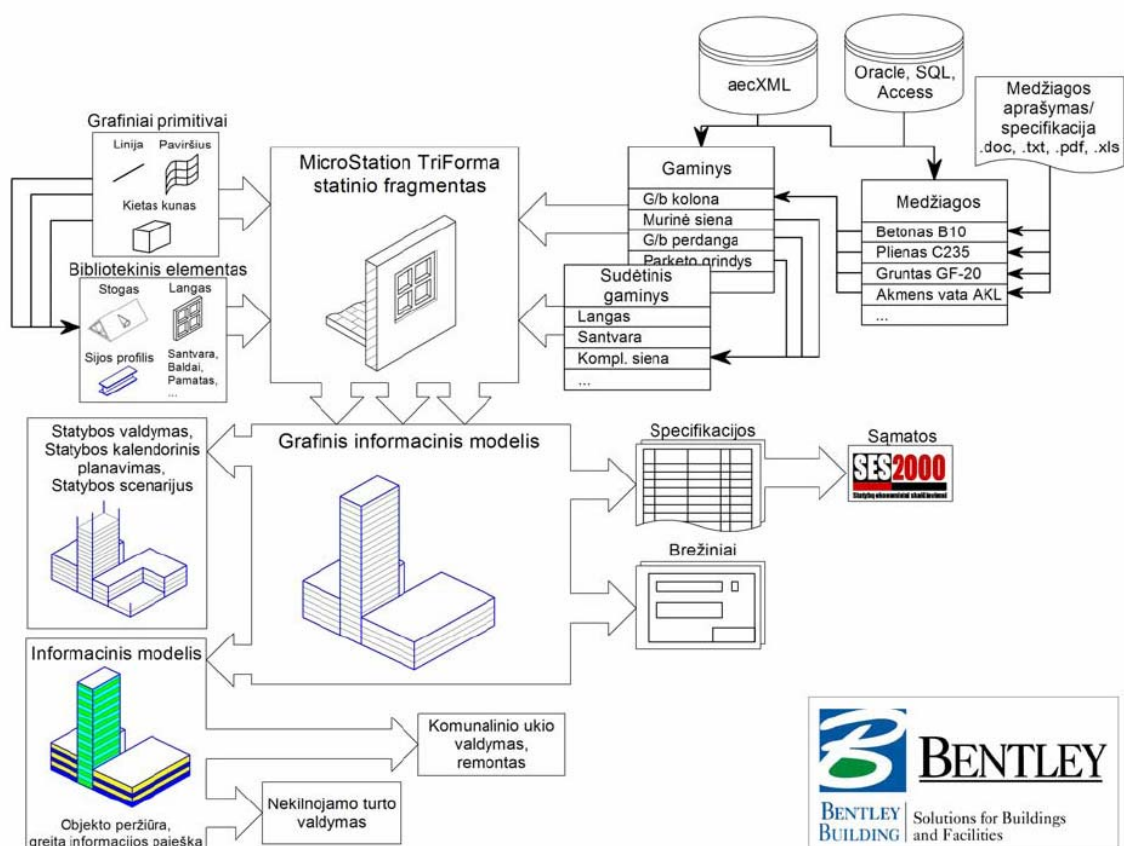
Apibūdinamų komponentų kiekis ir kaina gali būti skaičiuojami pagal reikiamus matavimo vienetų, atsižvelgiant į tūrį, plotą, ilgį, arba tiesiog pagal įvestą parametą. Pavyzdžiui, tai pačiai sienai betono ar mūro kiekį galima apskaičiuoti pagal jos tūrį, tinko, dažų, tapetų arba apdailos plytelių kiekį nustatyti pagal sienos paviršių plotą, apvadų, karnizų, grindjuosčių kiekį išmatuoti ilgiais, o armatūros kiekius – pagal užduotą armavimo procentą.

Komponentai gali būti susieti su vienu ar keliais specifikacijų įrašais, pagal kuriuos galima sudaryti sąmatas, atsižvelgiant į medžiagų kiekius. Įrašai specifikacijose ir sąmatose yra susieti su atitinkamais modelio objektais, kad kiekvieną objektą galima būtų lokalizuoti, atpažinti ir patikslinti. Vieneto kainos gali būti fiksuotos arba kintamos, tad galima parengti įvairių objekto variantų sąmatas.

Kadangi šios ataskaitos susietos su modeliu, naujos modelio redakcijos automatiškai atnaujina projekto duomenis. Reikalui esant, galima prijungti ir naudoti išorines duomenų bazines. Taip užtikrinamas tikslumas, koordinacija ir pakeitimų sinchronizavimas visoje projekto dokumentacijoje. *MicroStation TriForma* grafinio – informacinio (komponentinio) modelio schema pateikta 4 paveiksle.

Sudarydamas statinio modelį, projektuotojas jo aprašymui *MicroStation TriForma* naudoja “gaminis” (kitais – objektus, konstruktyvinius elementus), kurie savo ruožtu turi tam tikrą medžiaginę sudėtį.

Statinio fragmentai apibūdinami geometrija (grafiniai primityvai, bibliotekiniai elementai), atributais (medžiagos, gaminiai, specifikacijos).



4 pav. Grafinio- informacinio modelio sukūrimo ir panaudojimo schema

Iš 4 paveikslo matyti, kad grafinio – informacinio modelio panaudojimas gan platus: brėžiniai, specifikacijos, objekto informacija (priežiūra), statybos valdymas, statybos kalendorinis planavimas, vizualizacija.

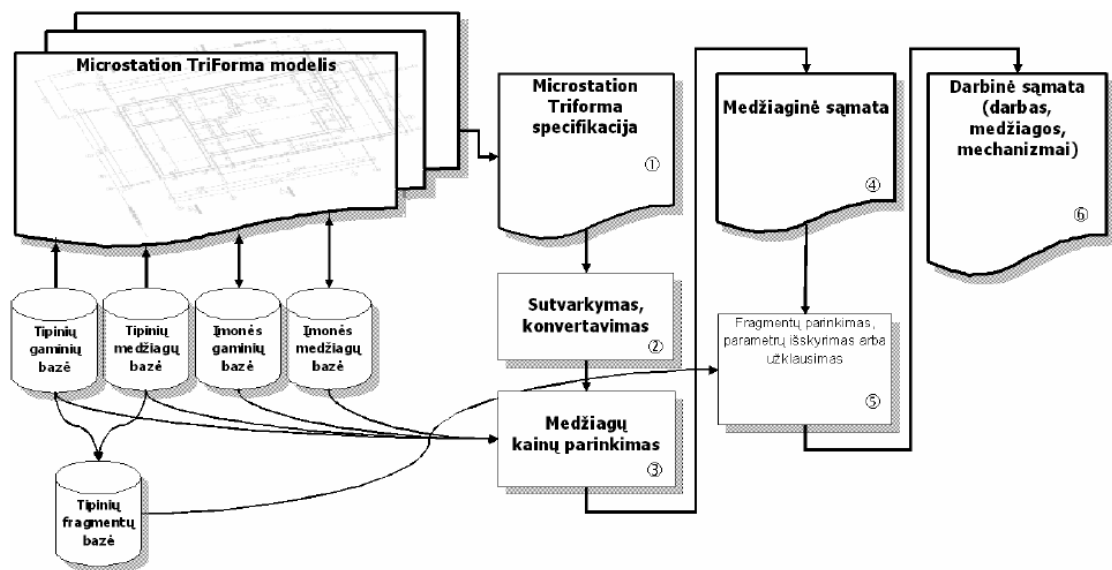
Modelis leidžia nuolat vizualiai kontroliuoti įvairius projektavimo etapus, net ankstyvosiose projektavimo stadijose turėti ir bet kada gauti detalią informaciją apie techninį projekto lygį, tačiau svarbiausia tai, kad toks sprendimas, turint vieną visų duomenų įvedimo ir pakeitimo šaltinį, garantuoja puikų viso projekto administravimą, valdymą, vieningą dokumentacijos spausdinimą, saugojimą ir tvarkymą visoje įmonėje.

Svarbu yra suderinti automatizuotą medžiagų kainų skaičiavimą kai konstrukcijos modelyje nenumatyta kitaip, medžiagos yra susiejamos automatiškai su vidutinėm rinkos

kainom (kainoraščiais). Automatinio sąmatos perskaičiavimo problema po to kai pakeičiamas modelis, yra pastebima, kaip ir noras atspindėti tuos pokyčius sąmatose, t.y. įgyvendinti variantinio projektavimo idėją.

Paveiksle (5 pav.) pateikta schema iliustruojanti veiksmų eiliškumą CAD OM ir sąmatinių programų terpėje [23]:

1. Pastato modelio kūrimui CAD OM terpėje projektuotojas naudoja tipinių gaminių ir medžiagų katalogus;
2. Medžiagų ir konstrukcijų specifikacijos generuojamos iš modelio;
3. Naudojant sąmatinę programą nauja sąmata yra sukuriamą importuojant duomenis iš specifikacijos, pertvarkant duomenis automatiškai pagal tipinių gaminių ir medžiagų kodus, ir:
 - a. Pasirenkant medžiagų kainas iš statistinių ar vartotojo kainoraščių;
 - b. Pasirenkant “gaminų darbų vykdymas”, t.y. sąmatiniai fragmentai;
4. Sąmatininkas sutvarkys sąmatą įvertindamas technologines ypatybes, kurios nebuvo ar negalėjo būti pateiktos projekto modelyje kaip ir medžiagų kainos.



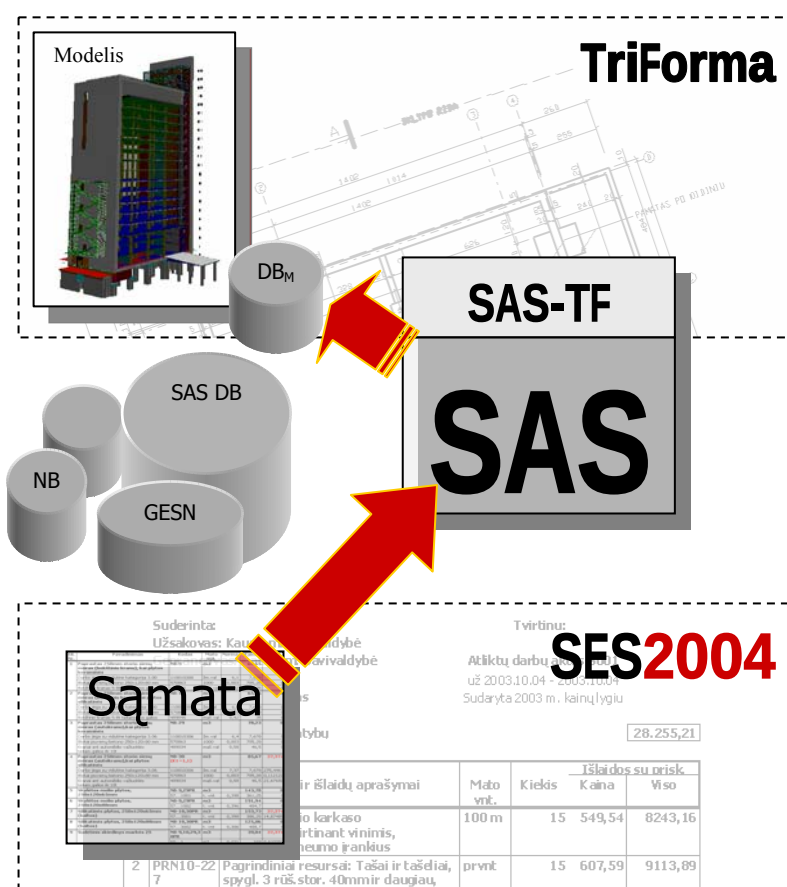
5 pav. Automatizuoto sąmatų sudarymo integruotoje CAD OM ir sąmatinių programų terpėje schema

Programa SES, importuodama duomenis iš *TriForma* specifikacijų, užklausia vartotojo, kaip jis norėtų grupuoti duomenis ir skaičiuoti kainas: jei pasirenkama opcija „Apjungti vienodus elementus“, programa sujungs vienodus gaminius (elementus), susumuos jų kiekius (pavyzdžiui, Pamatai gręžtiniai mažo įgilinimo – 21 vnt); jei pasirinkta opcija „Statistinės resursų kainos“, programa priskirs tipinėms medžiagoms, esančioms specifikacijoje, nuorodas į skaičiuojamas rinkos kainas, o tai leis sąmatą vėliau perskaičiuoti norimu kainų lygiu (pavyzdžiui, šių metų skaičiuojamosiomis kainomis, pagal savo firminį kainininką ir pan.). Pasirinkus opciją „Parinkti fragmentus tipiniams elementams“, programa SES bandys automatiškai parinkti sąmatinius fragmentus tiems tipiniams gaminiams, kurie gauti iš specifikacijos. Tipinį gaminį pilnai identifikuoja jo kodas, reikalingi parametrai (aukštis, tūris, svoris, kt.) yra specifikacijoje, o jei jie nenurodyti, ar negali būti nurodyti pačiame modelyje, vartotojo paprašoma nurodyti trūkstamus parametrus arba naudojamos reikšmės pagal nutylėjimą.

Sudėtingo modelio specifikacija kaip ir sąmata iš specifikacijos yra generuojamos greitai, todėl projektuotojas gali koreguoti modelį sąveikaujant ir sekti kainos pokyčius. Be abejo, projektuotojas gali naudoti ir netipinius konstruktyvinius elementus ir šie elementai sąmatoje atsiras tik „medžiaginėje“ formoje, t.y. be darbų reikalingų reikalingų jiems įgyvendinti ir be papildomų resursų. Bet koku atveju sąmatininkas iš sąmatos, sukurtos naudojant programą, paruoš tikrą (galutinę) sąmatą, t.y. pakoreguos kainas, įves ar pašalins papildomus darbus ir t.t. Po tokių koregavimų sąmata gali skirtis nuo pradinės, tačiau laikantis tam tikrų taisyklių projektuotojas nepraranda galimybės perskaičiuoti vėliau, jei pasikeistų modelis (medžiagų kiekiai, medžiagos ir t.t.): tereikia pasirinkti sąmatoje meniu punktą „Sutikrinti su specifikacija“ ir nurodyti, su kuria specifikacija reikia sutikrinti. Programa, sutikrindama, raudonai išryškins pasikeitimus kainose, kiekiuose medžiagose ar gaminiuose, įrašys naujus duomenis ir perskaičiuos.

Per SAS (Satybos automatizuotas skaičiavimas) programinį modulį užtikrinamas:

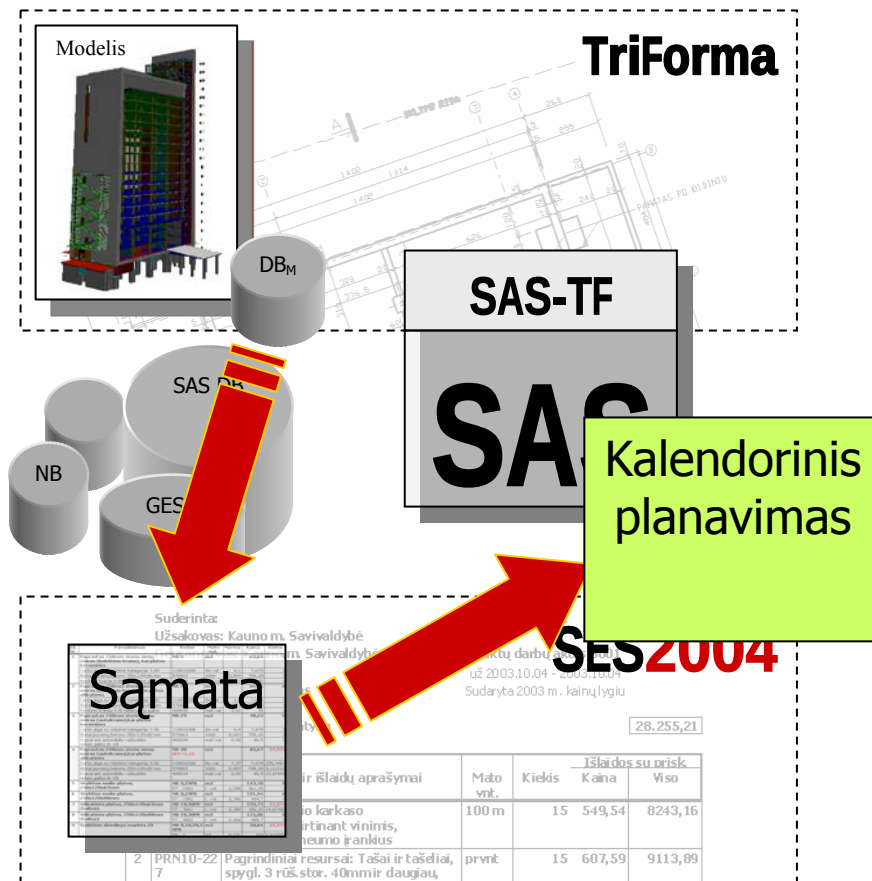
1. Atgalinis ryšys su pastato modeliu. Atlikus pakeitimus sąmatoje (pakeitus įkainį, keičiant parametrų reikšmes), pačioje sąmatinėje programoje *SES* pasirenkamas punktas “Sutikrinti su specifikacija” ir iš *MicroStation TriForma* nurodoma su kokia specifikacija sutikrinti. Parametrai bus perkelti į tą pačią *MicroStation TriForma* modelio duomenų bazę (6 pav.).



6 pav. Atgalinis ryšys su modelio duomenų baze

2. Ryšys su kalendoriniu planavimu (7 pav.). Be *SAS* modulio anksčiau nebuvo įmanoma atlikti kalendorinio planavimo nei iš *MicroStation TriForma*, nei iš *SES*. Nebuvo ryšio tarp konstrukcinių elementų, darbų ir planavimo. Sukūrūs tipinių

elementų klasifikatorių, atsirado vientisa grandinė: konstrukcinis elementas → technologija → planavimas. Sujungus, atsirado pilnai aiškus ryšys su elementais, resursų poreikiu, darbo sąnaudom, technologija.



7 pav. Ryšys su kalendoriniu grafiku

2.2. TIPINIŲ ELEMENTŲ KLASIFIKATORIUS

Pagrindinis momentas 3D CAD ir sąmatų sudarymo integracijoje – klasifikatoriai [19]. Tvarkingas konstruktyvinių elementų aprašymas yra būtinas programiniam fragmentų ir kainų parinkimui, o ir projektuotojas naudos tik aiškų bei patogų aprašymą. Naudojant klasifikatorius yra įmanoma sukurti pilnai funkcionalias elementų ir tipinių medžiagų bazes,

susieti elementus su atitinkamo detalumo statybos technologija ir t.t. Tipinių gaminių (objektų, konstruktyvinių elementų) ir tipinių medžiagų duomenų bazė, integruota į *MicroSation TriForma*, išsprendžia formalaus (tvarkingo) visų statinio elementų ir medžiagų aprašymo problemą. Šuo atveju buvo panaudoti šie klasifikatoriai:

- “*Высшие классификационные группировки отраслевого каталога продукции*” (БКГОКП) – tipinėms medžiagoms aprašyti [33];
- “*Классификатор работ и услуг в строительстве*” (ОКРУС) – tipiniams konstrukciniams elementams aprašyti (surišant su statybos darbų technologija) [17].

Šie klasifikatoriai sukurti dar 1980 metais specialiuose Tarybų sąjungos institutuose ir šiuo metu nieko analogiško nėra (yra daugybė specializuotų, konkrečiai siaurai šakai ar gamintojui pritaikyti klasifikatoriai, tačiau šiuo atveju jie netinka).

Turint klasifikatorius galima kurti pilnai funkcionalias (panaudojamas) tipinių konstrukcinių elementų ir tipinių medžiagų bazes, norimu detalumu surišti konstruktyvinius elementus su statybos technologija (parinkti darbų normatyvus) ir t.t. Tipinių sąmatinių fragmentų bazė, susieta su tipinių gaminių ir medžiagų baze, įgalina automatinį (programinį) įkainių parinkimą.

Klasifikatorius yra būtinas dėl didelės bazės apimties, nes apimami visi etapai nuo paruošiamųjų darbų, žemės darbų iki teritorijos tvarkymo ir meno dirbinių. Jis turi būti aiškus ir patogus, kitaip projektuotojai ir konstruktoriai nenaudos, orientuotas į konstrukcinį elementą, nes tai atitinka BIM koncepciją.

Konstrukcinių elementų aprašymas turi būti universalus, kad tiktų kuo daugiau atvejų ir lankstus, kad likusiais atvejais galima būtų pritaikyti. Taip pat jis turi būti valdomas parametrais. Parametrinis gaminių ir medžiagų aprašymo būdas žymiai palengvina kaip projektuotojo, taip ir sąmatininko darbą.

Svarbiausia reikia išspręsti sąmatinių fragmentų pasirinkimą, siekiant įvertinti tipinių elementų įgyvendinimo darbus. Fragmentas – normų grupė apibūdinama parametrais, kurie yra tarpusavyje susieti. Kitais žodžiais sakant, tai yra parametriniai skaičiavimai, į kuriuos įeina reikalingi darbai ir medžiagos, priklausomai nuo projekto konstruktyvinių elementų technologinių savybių. Be abejo, pagrindinė problema – fragmentų sukūrimas. Tikslas – sukurti pagrindinių apdailos konstrukcinių elementų (sienų dažymo, grindų įrengimo, tinkavimo ir kt.) bazę. Visiems šiems elementams parenkami parametriniai fragmentai, kuriuose tam tikras kiekis ir normos priklauso nuo charakteringų parametrų, t.y. geometrijos, medžiagų, technologijos it t.t. Parametrai yra apibūdinami kai generuojamas konstrukcijos modelis, kuris grindžiamas CAD OM, ir perduodamas specifikacijų formoje sąmatinei programai. Parametrais priskiriamos kokybinės elemento savybės. Automatiškai gaunami iš modelio: *tūris, paviršiaus plotas, aukštis, ilgis, ir t.t.* Nurodomi projektuotojo: *tankis, markė, aukštingumas, armavimo tipas, oro sąlygos, grunto grupė, ir t.t.* Parametrai nurodomi sudarant statinio modelį ir perduodami per specifikaciją. Turėtų būti rastas kompromisas tarp daug elementų su mažai parametrų ir vieno elemento su daug parametrų.

Taip pat kaip ir CAD OM, sąmatinė programa turi priemones leidžiančias vartotojui išplėsti ir detalizuoti klasifikatorių, sukurti tipinius gaminius ir fragmentus pati, todėl kiekvienas vartotojas gali pritaikyti savo reikmėms.

Specialūs *SES* moduliai įgalina sudaryti įvairaus detalumo sąmatas iš *MicroStation TriForma* specifikacijų (grynai medžiagine, su kainomis arba be, arba pilną, su visais reikalingais darbais ir papildomais resursais) bei sutikrinti jau sudarytą sąmatą su specifikacija ir išryškinti pasikeitimus.

Kuriant tipinių elementų klasifikatorių buvo panaudoti šie statybos darbų normatyvai:

- *Государственные элементные сметные нормы на строительные работы (ГЭСН) [7];*
- Bendrieji statybos ir montavimo darbų normatyvai [2].

Šiame darbe sudarytas išorės ir vidaus apdailos darbų konstruktyvinių statybos elementų klasifikatorius. Tipinių elementų klasifikatorius sudarymo metodika:

- Kodas, pavadinimas, aprašymas;
- Esami normatyvai;
- Fragmentai, darbų sudėtis, parametrai.

Tipiniai (konstruktyviniai) elementai sudaromi prisilaikant statybos technologijos ir galimybės parinkti normatyvus bei apskaičiuoti kainą. Tipiniai apdailos elementai suskirstyti į šiuos pagrindinius skyrius:

- Vidaus grindys;
- Išorės grindys;
- Lubos;
- Vidaus sienos ir kiti vertikalūs paviršiai;
- Išorės sienos ir kiti vertikalūs paviršiai;
- Metalinių paviršių ir izoliacijos dažymas;
- Įstiklinimas;
- Fasadų apšiltinimas;
- Šilumos izoliacija;
- Statybinių konstrukcijų apsauga nuo korozijos.

Po to tie skyriai jau skirstomi smulkiau iki konstrukcinių elementų. Toliau pateikiamas apdailos darbų tipinių elementų klasifikatorius (2 lent.):

2 lentelė. Apdailos tipinių elementų klasifikatorius

Vidaus grindys	Lanksčios dangos	Linoleumo danga
		PVC plytelių grindų danga
		Kiliminė danga
		Relino danga
	Grindjuostės	
	Akmens plokščių grindys	
	Plytelių dangos	Keraminių plytelių grindų danga

Vidaus grindys (tęs.)	Plytelių dangos (tęs.)	Cementinių, betoninių ir teraco (mozaikinių) grindų plytelių dangos
		Metalinių plytelių grindų danga
	Medinės dangos	Masyvo parketo grindys
		Lentų dangos ir gulekšniai
		Laminuotų grindlenčių grindys
		Parketo skydų grindys
		Parketlenčių grindys
		Medžio plaušo plokščių danga
	Grindų dažymas	Grindų dažymas aliejiniais dažais
		Grindų dažymas lakais
	Grindų pasluoksnio įrengimas rentgeno spindul. nepralaidžiu skiediniu	
	Monolitinės dangos	Betoninė grindų danga
		Cementinė grindų danga
		Metalo-cementinė grindų danga
		Armotos betoninės grindys
		Polivinilacetatinės dangos
		Plastbetoninės dangos
		Polimerinio skiedinio dangos
		Mozaikinės (teraco) dangos
		Ksilolito dangos
		Monolitinių grindų padengimas polimeriniu skiediniu (patalpose su agresyvia aplinka)
		Paviršių šlifavimas
	Sporto salių dangos	Sporto salių liejama danga
		Sporto salių ritininės dangos
	Grindų hidroizoliacija	Ruloninių medžiagų klijuotinė hidroizoliacija
		Teptinė hidroizoliacija
		Hidroizoliacija naudojant polietileno plėvelę
		Hidroizoliacija naudojant armohidrobutilą
		Hidroizoliacija panaudojant polimercementinį skiedinį
		Paviršiaus užtrinimas hidroizoliaciniu smėliu
	Grindų šilumos ir garso izoliacija	Užpilama šilumos ir garso izoliacija
		Plokščių šilumos ir garso izoliacija
	Išlyginamieji sluoksniai	Cementinis užtepas
		Lateksocementinis užtepas
		Betoninis užtepas
		Lengvo betono užtepas
		Medžio plaušo plokščių išlyginamasis sluoksnis
		Liejami, sausų mišinių užtepai
		Pagrindo išlyginimas savaime išsilyginančiu skiediniu
	Paaukštinamos-nuimamos grindys	Paaukštinamos unifikuotos-nuimamos grindys ant reguliuojamų atramų su rygeliais
		Paaukštinamos-nuimamos grindys ant reguliuojamų atramų su antdėklais
	Grindų su elektriniu šildymu įrengimas	
Vidaus sienos ir kiti vertikalūs paviršiai	Vidaus paviršių apdaila akmens plokštėm	
	Sienų apmušalai	Sienų klijavimas apmušalais
		Sienų apdaila dirbtinės odos apmušalais
		Sienų apdaila audiniu
		Sienų klijavimas pvc plėvele
	Plytelių dangos	Vidaus paviršių aptaisymas keraminėmis plytelėmis
		Vidaus paviršių aptaisymas stiklo plytelėmis

Vidaus sienos ir kiti vertikalūs paviršiai (tęs.)	Tinkavimas	Vidaus sienų paviršių aptaisymas sauso tinko lakštais ir gipso kartono plokštėm
		Vidaus sienų paviršių vienasluoksnis tinkas
		Vidaus sienų paviršių struktūrinis tinkas
		Vidaus sienų paviršių tinkavimas voleliu
		Vidaus sienų tinkavimas rentgeno spinduliams nepralaidžiu skiediniu
		Vidaus sienų paviršių kalkinis tinkas
		Vidaus sienų paviršių cemento-kalkių tinkas
		Vidaus paviršių dekoratyvinis padengimas (venecijietiškas tinkas)
	Dažymas	Vidaus sienų dažymas kazeininiais dažais
		Vidaus sienų paviršių dažymas aliejiniais dažais
		Vidaus sienų dažymas klijiniais dažais
		Vidaus sienų dažymas kalkiniais dažais
		Vidaus sienų dažymas silikatiniais dažais
		Vidaus sienų dažymas vandens emulsiniais dažais
		Vidaus sienų dažymas lakais ir spec. sudėties medžiagomis
		Grindjuosčių ir porankiu dažymas
	Sienų karkasų įrengimas ir aptaisymas	
	Vidaus paviršių aptaisymas gipso kartono plokštėmis su metalinio karkaso įrengimu	
	Paviršių aptaisymas plastikine dailylente	
	Metalinių paviršių ir izoliacijos dažymas	
Istiklinimas	Gyvenamų ir visuomeninių pastatų langų rėmų istiklinimas	
	Pramoninių pastatų langų rėmų istiklinimas	
	Vitrinų istiklinimas	
	Durų varčių istiklinimas	
	Viršlangių istiklinimas	
	Metalinių rėmų istiklinimas stiklo paketais	
	Langų ir balkono durų rėmų istiklinimas stiklo paketais	
	Langų rėmų užpildymas profiliniu stiklu	
	Pertvarų karkasų užpildymas profiliniu stiklu	
	Profilinių stiklo paketų surinkimas ir pastatymas	
	Stoglangių angų užpildymas profiliniu stiklu	
Lubos	Lubų tinkavimas	Kesoninių lubų tinkavimas
		Vienasluoksnis lubų tinkas
		Lubų kalkinis tinkas
		Lubų cemento-kalkių tinkas
		Lubų struktūrinis tinkas
		Lubų tinkavimas voleliu
		Lubų dekoratyvinis padengimas (venecijietiškas tinkas)
	Lubų dažymas	Lubų dažymas lakais
		Lubų dažymas vandens emulsiniais dažais
		Lubų dažymas silikatiniais dažais
	Lubų dažymas	Lubų dažymas kalkiniais dažais

Lubos (tęs.)	Lubų dažymas (tęs.)	Lubų dažymas klijiniais dažais
	Lubų klijavimas apmušalais	Lubų dažymas aliejiniais dažais
	Lubų aptaisymas gipso kartono plokštėms su metalinio karkaso įrengimu	
	Pakabinamos lubos	Pakabinamų lubų karkasų įrengimas ir aptaisymas
		Pakabinamų lubų iš gipso kartono plokščių įrengimas su metaliniu karkasu
		Įtempiamos lubos
		Pakabinamų lubų iš modulinų plokščių ir juostų įrengimas su metaliniu karkasu
Išorės sienos ir kiti vertikalūs paviršiai	Fasadų dažymas	Fasadų dažymas kalkiniais dažais
		Fasadų dažymas silikatiniais dažais
		Fasadų dažymas cementiniais dažais
		Fasadų dažymas perchlorvinilinėmis dažais
		Fasadų dažymas silicio organiniais dažais
		Fasadų dažymas vandens emulsiniais (polivinilacetatiniais) dažais
		Fasadų dažymas sintetinėmis dažais
		Fasadų dažymas fasadiniais dažais
		Fasadų apdaila skiediniais
	Fasadų tinkavimas	Fasadų, apšiltintų izoliacinėmis medžiagomis, tinkavimas
	Išorės paviršių aptaisymas keraminėmis plytelėmis	Neapšiltintų fasadų tinkavimas
	Fasadų aptaisymas plokštėmis	Ventiliuojamų išorės sienų aptaisymas akmens plokštėmis
		Išorės sienų aptaisymas cemento plokštėmis (cemento pjuvenų)
		Fasadų apdaila metalinėmis plokštėmis
Išorės grindys	Paviršių aptaisymas plastikine dailylente	
	Grunto tankinimas	
	Pasluoksniai (paruošiamieji sluoksniai)	
	Asfaltbetoninė danga	
	Asfalto hidroizoliacija	
Fasadų apšiltinimas	Spporto aikščių polipropileno Bergo plokščių danga	
	Stambiaplokščių namų fasadų apšiltinimas	
	Fasadų apšiltinimas putų polistirolo plokštėmis	
	Fasadų apšiltinimas mineralinės vatos plokštėmis	
	Fasadų apšiltinimas apšiltinimo plonasluoksnis aptinkavimu	
Šilumos izoliacija	Karštų paviršių izoliacija	
	Šaltų paviršių izoliacija	
	Izoliacijos karkasai	
	Izoliacijos apdaila	Izoliacijos tinkavimas
		Izoliacijos dažymas
		Izoliacijos padengimas lakštais (apvalkalais)
		Izoliacijos padengimas ruloninėm medžiagom
Statybinių konstrukcijų apsauga nuo korozijos	Paviršių gruntavimas, glaistymas ir dažymas	Betoninių ir tinkuotų paviršių gruntavimas
		Metalinių paviršių gruntavimas
		Gruntuotų betoninių ir tinkuotų paviršių dažymas
		Gruntuotų metalinių paviršių dažymas
		Paviršių glaistymas

Statybinių konstrukcijų apsauga nuo korozijos (tęs.)	Klijuotinės dangos	Paviršių pkljavimas stiklo audiniu
		Paviršių apklijavimas polimerinėmis medžiagom
		Paviršių apklijavimas polizobutilinėmis plokštėmis
		Paviršių apklijavimas ruloninėm medžiagom
		Paviršių apklijavimas lakštiniu asbestu
	Paruošiamieji darbai	Paviršių valymas
		Paviršių valymas pagal ISO 8501-1 reikalavimus
	Paviršių elektrometalizacija	
	Chemiškai patvarūs betonai ir skiediniai	

Kaip pavyzdys pateikiamas “Pakabinamų lubų karkaso įrengimo ir aptaisymo” konstrukcinis elementas (3 lent.):

3 lentelė. Pakabinamų lubų karkaso įrengimo ir aptaisymo konstrukcinio elemento logika

Baziniai parametrai (gaunami iš MicroStation TriForma):			
Plotas	m2		
Sienos aukštis	m		
Parametrai (reikalingi Fragmentui aprašyti):			
Karkasas:	(medinis, medinis su metal. tvirtinimais, metalinis, metalinis su mediniais tąšeliais, lengvas metalinis t profilio, lengvas metalinis cd ir ud profilių, presuoto aliuminio)	N34-32 - N34-33-4, N34-41 - N34-46-2 ir ГЭСН-2001-11 Таблица 11-01-047	
Aptaisymo medžiaga:	(gipso kartono plokštės, diuraliuminio plokštės, perforuota fanera, perforuotas plastikas, perforuotos medžio drožlių plokštės, perforuotos asbesto-cemento plokštės, akustinės plokštės, akustinės plokštės klijuojant, lieto gipso plokštės, akyto betono plokštės, stiklo audinys klijuojant)	N34-64 - N34-72-3, N34-54	
Karkaso lygiai:	(1, 2)	N34-33-3, N34-33-4, N34-46-1, N34-46-2	
Užpildymas izoliacija:	mm	N34-51, N34-52	A
Atstumas nuo perdangos:	cm	N34-33-3, N34-33-4, N34-43, N34-44, N34-45, N34-46	R
Pastolių aukštis:	m	SES N15-332, N15-333	H
Logika:			

Karkasas

IF lengvas metalinis cd ir ud profilių karkasas AND R<20 THEN N34-33-2	
IF lengvas metalinis cd ir ud profilių karkasas AND vieno lygio karkasas AND R>=20 THEN N34-33-3	
IF lengvas metalinis cd ir ud profilių karkasas AND dviejų lygių karkasas AND R>=20 THEN N34-33-4	
IF lengvas metalinis t profilio karkasas THEN N34-33-1	
IF metalinis karkasas su mediniais tąšeliais THEN N34-32	
IF presuoto aliuminio konstrukcijų karkasas THEN N34-33	
IF metalinis karkasas THEN N34-42	
IF medinis karkasas AND R<=5 THEN N34-43	
IF medinis karkasas AND 5<R<=10 THEN N34-44	
IF medinis karkasas AND 10<R<=15 THEN N34-45	
IF medinis karkasas AND 15<R<=20 THEN N34-46	
IF medinis karkasas su metal. tvirtinimais AND vieno lygio karkasas THEN N34-46-1	
IF medinis karkasas su metal. tvirtinimais AND dviejų lygių karkasas THEN N34-46-2	

Užpildymas izoliacija

IF lubų karkasų užpildymas izoliacija THEN N34-51...52
--

Aptaisymas

IF lubų karkasų aptaisymas stiklo audiniu klijuojant THEN N34-54
IF lubų karkasų aptaisymas diuraliuminio plokštėm THEN N34-64
IF lubų karkasų aptaisymas perforuota fanera THEN N34-65

IF lubų karkasų aptaisymas perforuotu plastikų THEN N34-66	
IF lubų karkasų aptaisymas perforuotom medžio drožlių plokštėm THEN N34-67	
IF lubų karkasų aptaisymas perforuotom asbesto-cemento plokštėm THEN N34-68	
IF lubų karkasų aptaisymas gipso kartono plokštėm THEN N34-72-3	
IF lubų karkasų aptaisymas akyto betono plokštėm THEN N34-72	
IF lubų karkasų aptaisymas lieto gipso plokštėm THEN N34-71	
IF lubų karkasų aptaisymas akustinėm plokštėm THEN 34-72-1	
IF lubų karkasų aptaisymas akustinėm plokštėm klijuojant THEN N34-72-2	
Pastoliai	
IF inventoriniai (vamzdiniai) pastoliai vidaus apdailai AND H<6m THEN N15-332	
IF inventoriniai (vamzdiniai) pastoliai vidaus apdailai AND H>6m THEN kiekvieniems sekantiems 4m aukščio pokyčiam pridėti N15-333 prie N15-332	

Gaunami parametrai iš *TriForma*: plotas, aukštis. Parametrai gaunami iš klasifikatoriaus: karkasas, aptaisymo medžiaga, karkaso lygiai, užpildymas izoliacija, atstumas nuo perdangos, pastolių aukštis. Išsirenkant reikalingas parametrų reikšmes, nereikalingos atmetamos (prilyginamos nuliui).

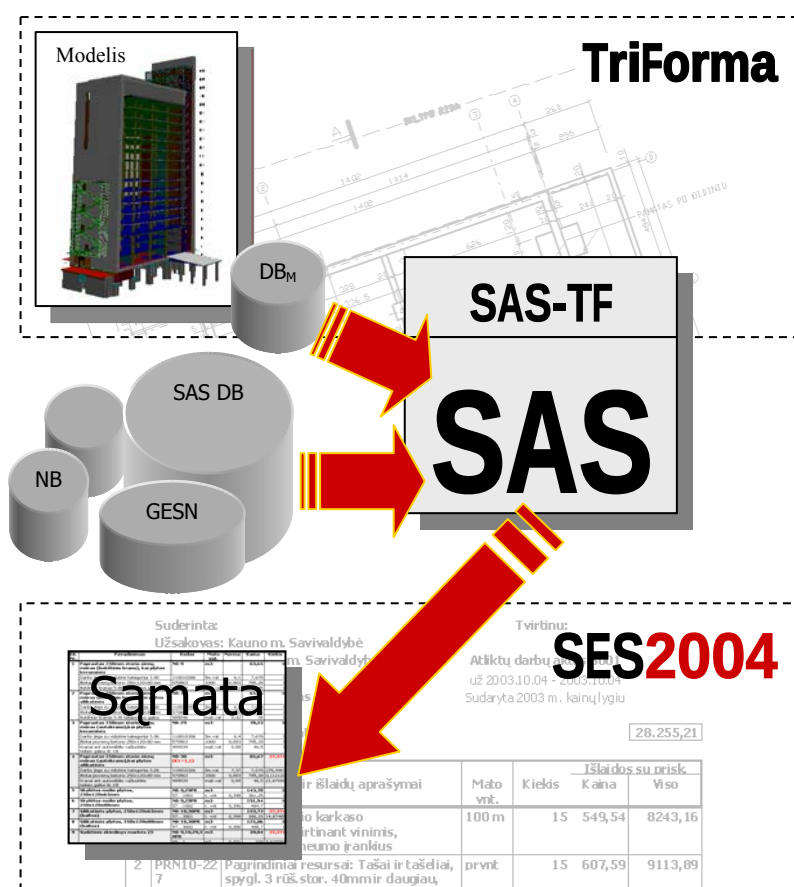
2.3. AUTOMATIZUOTO SĄMATŲ SKAIČIAVIMO PAVYZDYS

Automatizuoto sąmatų sudarymo (SAS – Satybos automatizuotas skaičiavimas) programinis modulis susideda iš (8 pav.):

- **SAS programinis modulis TriFormoje:**
 - Elemento aprašymas;
 - Parametrų nustatymas.
- **SAS pagrindinis programinis modulis:**
 - Sąmatos sudarymas.
- **SAS programinis modulis SES:**
 - Ryšys su kalendoriniu planavimu;
 - Atgalinis ryšys su pastato modeliu.
- **SAS duomenų bazė:**
 - Klasifikatorius;

- Konstrukcinių elementų bazė;
- Sąmatiniai fragmentai.

Duomenys iš *MicroStation TriForma* duomenų bazės ir SAS duomenų bazės (galima pasirinkti ar iš *SES*, GESN ar savo sukurtų duomenų bazių) perduodami į SAS pagrindinį modulį. Klasifikatorius, integruotas į *MicroStation TriForma*, leidžia tvarkingai aprašyti konstruktyvinius elementus. Iš jo duomenys perduodami tiesiai į sąmatinę programą *SES* ir skaičiuojama sąmata.



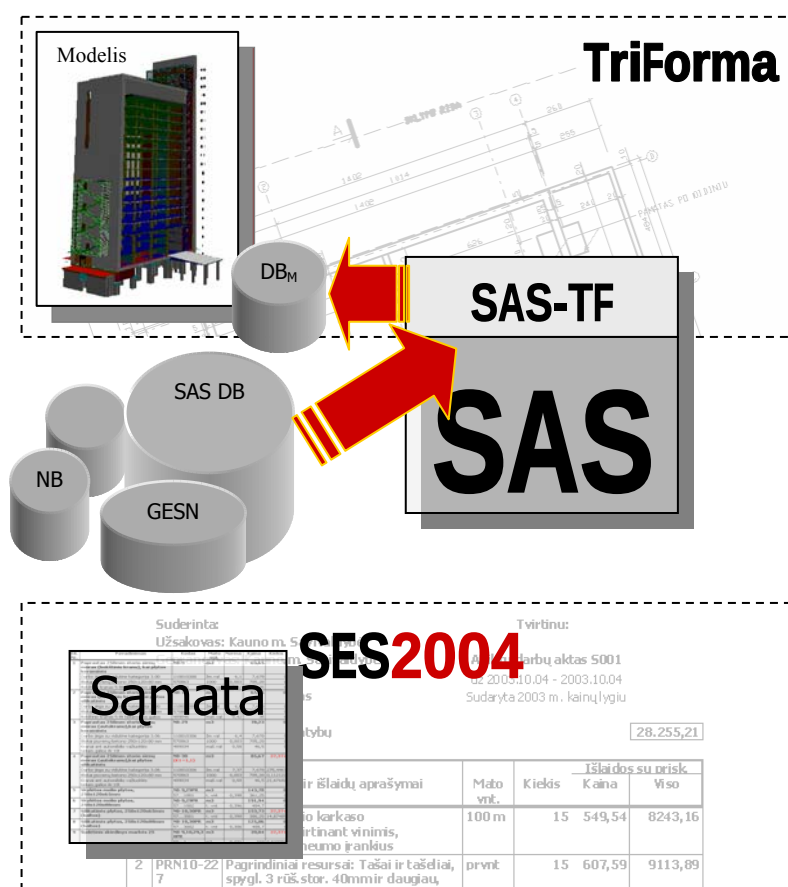
8 pav. SAS programinio modulio sandara ir atliekami veiksmai

Toliau pavyzdyje pateikiama “pakabinamų lubų karkasų įrengimo ir aptaisymo” automatizuotų sąmatinių skaičiavimų eiga.

Iš „Bentley“ *MicroStation TriForma* brėžinio pasirenkamas atitinkamas konstrukcinis elementas. *MicroStation TriForma* kiekvienam konstrukciniam elementui priskiriamas unikalus identifikacinis numeris, kuris kiekvienam elementui yra skirtingas. Po to iš

Per SAS modulį *TriFormoje* galima atlikti tokias operacijas (9 pav.):

- SAS duomenų bazės tipiniai elementai ir jų parametrai priskiriami *MicroStation TriForma* modelio duomenų bazės fragmentams (elementams). Konstrukcinių elementų parametrai priskiriami modeliui per apdailos tipinių elementų klasifikatorių. *MicroStation TriForma* modelio duomenų bazėje laikoma visa informacija apie nubraižytus (sukurtus) elementus.



9 pav. SAS programinio modulio valdymas TriFormoje

Tada galima keisti tipinių elementų parametrų reikšmes. Parametrais priskiriamos kokybinės (medžiaga, darbų atlikimas ir t.t.) ir kiekybinės (tūris, plotis, aukštis ir t.t.) elemento savybės. Iš *TriFormos* automatiškai gaunami elemento matmenys (plotas, tūris ir t.t.), o kiti reikalingi parametrai parenkami projektuotojo. Išsirinkus reikalingas parametrų reikšmes, nereikalingos atmetamos (prilyginamos nuliui). Kai parodyta parametrų pavyzdyje (4 lent.), šie parametrai yra atmetami: atstumas nuo perdangos, užpildymas izoliacija ir karkaso lygiai. Plotas ir aukštis automatiškai gaunami iš *TriFormos*.

4 lentelė. Tipinio elemento parametrai

Parametrai	Plotas, m2	10
	Aukštis, m	6
	Karkasas	
	Aptaisymo medžiaga	
	Atstumas nuo perdangos, cm	n/a
	Užpildymas izoliacija, mm	n/a
	Pastolių aukštis, m	6
	Karkaso lygiai	n/a

Atlikus tipinių elementų parametrų koregavimus, tipinis elementas yra priskiriamas tam konstrukciniam elementui ir programa formuoja sąmatą. Prieš sudarant sąmatą, SAS turi galimybę rasti nepažymėtus elementus ir įtraukti juos į specifikaciją. Tada pereinama į kitą etapą – sąmatinių fragmentų formavimą SAS duomenų bazėje.

Sąmatinių fragmentų formavimas:

1. Gaunamos pasirinktos “pakabinamų lubų karkaso įrengimo ir aptaisymo” parametrų reikšmės (5 lent.).

5 lentelė. Gauti tipinio elemento parametrai

Parametrai	Plotas, m ²	10
	Aukštis, m	6
	Karkasas	metalinis su mediniais tašeliais
	Aptaisymo medžiaga	gipso kartono plokštės
	Atstumas nuo perdangos, cm	n/a
	Užpildymas izoliacija, mm	n/a
	Pastolių aukštis, m	6
	Karkaso lygiai	n/a

2. Surenkami reikalingi normatyvai. Galima pasirinkti iš SES (patvirtinti LR Aplinkos ministerijos), GESN, modifikuotų ar sukurtų normatyvų.
3. Paleidžiama makroprograma (suprogramuota logika). Atsižvelgiant į parametrus formuojama logika (6 lent.). Išsirinkus reikalingas parametrų reikšmes, nereikalingos atmetamos (prilyginamos nuliui).

6 lentelė. Pakabinamų lubų karkaso įrengimo ir aptaisymo logika.

Eil. Nr.	Logika	Normatyvas
1	VAR S;Plotas, m ² ;10	
2	VAR H;Aukštis, m;2,4	
3	VAR K;Karkasas;"medinis" "medinis" "medinis su metal. tvirtinimais" "metalinis" "metalinis su mediniais tašeliais" "lengvas metalinis CD ir UD profilių" "lengvas metalinis T profilio" "presuoto aliuminio"	
4	VAR M;Aptaisymo medžiaga;"gipso kartono plokštės" "gipso kartono plokštės" "diuraliuminio plokštės" "perforuota fanera" "perforuotas plastikas" "perforuotos medžio drožlių plokštės" "perforuotos asbesto-cemento plokštės" "akustinės plokštės" "akustinės plokštės klijuojant" "lieto gipso plokštės" "akyto betono plokštės" "stiklo audinys klijuojant"	
5	VAR R;Atstumas nuo perdangos, cm;10	
6	VAR A;Užpildymas izoliacija, mm;0	
7	VAR P;Pastolių aukštis, m;0	
8	VAR L;Karkaso lygiai;1 1 2	
9	SET X1=1	
10	SET X2=1	
11	IF H>3;X1=1,2;X2=1,04	
12	SET I=0	
13	IF (K="medinis")&(R<=5);I=1	N34-43
14	IF (K="medinis")&(R>5)&(R<=10);I=2	N34-44
15	IF (K="medinis")&(R>10)&(R<=15);I=3	N34-45
16	IF (K="medinis")&(R>15)&(R<=20);I=4	N34-46
17	W(I;6)=Q	
18	R(I;110010389;9)=X1	
19	SET I=0	

20	IF (K="medinis su metal. tvirtinimais")&(L=1);I=5	N34-46-1
21	IF (K="medinis su metal. tvirtinimais")&(L=2);I=6	N34-46-2
22	W(I;6)=Q	
23	R(I;110010400;9)=X1	
24	R(I;489244;9)=X2	
25	SET I=0	
26	IF (K="metalinis");I=7	N34-42
27	W(I;6)=Q	
28	R(I;110010378;9)=X1	
29	SET I=0	
30	IF (K="metalinis su mediniais tašeliais");I=8	N34-32
31	W(I;6)=Q	
32	R(I;110010378;9)=X1	
33	SET I=0	
34	IF (K="lengvas metalinis CD ir UD profilių")&(R<20);I=9	N34-33-2
35	IF (K="lengvas metalinis CD ir UD profilių")&(R>=20)&(L=1);I=10	N34-33-3
36	IF (K="lengvas metalinis CD ir UD profilių")&(R>=20)&(L=2);I=11	N34-33-4
37	W(I;6)=Q	
38	R(I;110010400;9)=X1	
39	R(I;489244;9)=X2	
40	SET I=0	
41	IF (K="lengvas metalinis T profilio");I=12	N34-33-1
42	W(I;6)=Q	
43	R(I;110010360;9)=X1	
44	R(I;390049;9)=X2	
45	SET I=0	
46	IF (K="presuoto aliuminio");I=13	N34-33
47	W(I;6)=Q	
48	R(I;110010378;9)=X1	
49	SET I=0	
50	IF (M="gipso kartono plokštės");I=14	N34-72-3
51	IF (M="diuraliuminio plokštės");I=15	N34-64
52	IF (M="perforuota fanera");I=16	N34-65
53	IF (M="perforuotas plastikas");I=17	N34-66
54	IF (M="perforuotos medžio drožlių plokštės");I=18	N34-67
55	IF (M="perforuotos asbesto-cemento plokštės");I=19	N34-68
56	IF (M="akustinės plokštės");I=20	N34-72-1
57	IF (M="akustinės plokštės klijuojant");I=21	N34-72-2
58	IF (M="lieto gipso plokštės");I=22	N34-71
59	IF (M="akyto betono plokštės");I=23	N34-72
60	IF (M="stiklo audiniu klijuojant");I=24	N34-54
61	W(I;6)=Q	
62	R(I;110010344;9)=X1	
63	R(I;110010367;9)=X1	
64	R(I;110010417;9)=X1	
65	R(I;110010378;9)=X1	
66	R(I;110010370;9)=X1	
67	R(I;110010390;9)=X1	
68	IF (A>0);I=25	N34-51..52
69	R(24;110010333;4)=1,05*A-9	
70	R(24;571185;4)=0,11*A	
71	R(I;110010333;9)=X1	
72	R(I;571185;9)=X2	
73	SET I=0	N15-332

74	IF (P>4);I=26	...333
75	W(I;6)=Q	
76	SET I=0	
77	IF (P>6);I=27	
78	W(I;6)=Q	
79	W(I;9)=(P-6)\4+1	

Logikoje, kaip parodyta, užduodamos sąlygos, t.y. nurodomi parametrai (1-8 eilutė). Po to, esant tam tikrom sąlygom naudojami jas atitinkantys tam tikri normatyvai, kurie, jei yra tinkami, vėliau yra atrenkami ir priskiriami tam tipiniam elementui.

4. Atfiltruoti normatyvai perskaičiuojami, paliekami tik reikalingi.
5. Informacija perkeliama į sąmatą (7 lent.). Tada pereinama į kitą SAS programinį modulį - *SES*, kuriame sąmata yra galutinai automatiškai suformuojama.

7 lentelė. Pakabinamų lubų karkasų įrengimo ir aptaisymo automatiškai gauta sąmata

Eil. Nr.	Pavadinimas	Kodas	Mato vnt.	Norma	Kaina	Kiekis	Suma	Darbas	Medžiagos
1	Pakabinamų lubų plieninio karkaso su mediniais tašeliais montavimas	N34-32	100 m2		3424,26	10	34242,59	14192,8	20049,77
	Darbo jėga su vidutine kategorija 3.78	110010378	žm.val	162	8,761	1620	14192,82	14192,8	
	Plienas armatūrinis, karštai valcuotas, lygus, klasė A-I, d 10mm	93003	t	0,145	1341	1,45	1944,45		1944,45
	Plienas valcuotas kampinis	90046	t	0,447	1343,56	4,47	6005,71		6005,71
	Tašeliai paprasti, 3 rūš., str. 70mm ilg. 2.0-6.5m, pl. 80-150mm	534005	m3	0,6	495,42	6	2972,52		2972,52
	Dažai skystai trinti, aliejiniai, paruošti naudojimui	230108	kg	1,96	14,46	19,6	283,42		283,42
	Amonis fosforo rugsties, techninis	210029	t	0,11	7359,96	1,1	8095,96		8095,96
	Varžtai su veržlėmis įvairūs	120049	kg	3,5	5,5	35	192,5		192,5
	Elektrodai suvirinimo	120038	kg	11,7	4,45	117	520,65		520,65
	Vinys statybinės	120030	kg	1,6	2,16	16	34,56		34,56
2	Lubų karkasų aptaisymas gipso kartono plokštėmis	N34-72-3	100 m2		1938,67	10	19386,68	9258,84	10127,84
	Darbo jėga su vidutine kategorija 3.90	110010390	žm.val	108	8,573	1080	9258,84	9258,84	
	Specjuosta	572200	m	130	0,3	1300	390		390
	Tinkas sausas	571954	m2	105	8,29	1050	8704,5		8704,5
	Popierius slifuojamasis /įvairių pagrindų/	390019	m2	0,3	14,28	3	42,84		42,84
	Glaistas	230431	kg	30	2,66	300	798		798
	Medsraigčiai įvairūs	120063	kg	3,5	5,5	35	192,5		192,5
3	Inventorinių vamzdinių iki 6m aukščio pastolių įrengimas ir išardymas vidaus apdailos darbams	N15-332	100 m2		844,94	10	8449,37	6219,18	2230,19
	Darbo jėga su vidutine kategorija 3.00	110010300	žm.val	81	7,678	810	6219,18	6219,18	
	Skydai mediniai inventoriniai	534007	m2	5,5	19,02	55	1046,1		1046,1
	Pastolių detalės, medinės	534006	m3	0,008	475,42	0,08	38,03		38,03
	Plieninės pastolių detalės	520389	t	0,029	3951,94	0,29	1146,06		1146,06

Automatiškai gauta sąmata taip pat gali būti koreguojama ar panaudojama tolimesnėm reikmėm. Sąmatoje galima galutinai sureguliuoti kainas, įvesti jei reikia papildomų darbų, ar pašalinti nereikalingus, redaguoti parametrus, redaguoti resursus ar įvesti papildomus ir t.t. Atlikus pakeitimus sąmatoje (keičiamos parametrų reikšmės), jie automatiškai perkeliama į modelio duomenų bazę, t.y. užtikrinamas atgalinis ryšys.

3. APDAILOS VARIANTŲ DAUGIAKRITERINIS ĮVERTINIMAS

Atsižvelgiant į statybos projekto tikslus ir apribojimus, taip pat į numatomų naudoti statybos priemonių įvairovę, gali būti sudaromi įvairūs apdailos projektiniai sprendiniai. Naudojant įvairias statybos priemones, galima parengti daug alternatyvių sprendinių ir parinkti racionalų apdailos būdą. Įgyvendinant tik optimaliai parinktus apdailos projektinius sprendinius, trukmė sutrumpėja, išlaidos sumažėja ir užtikrinamas norimas kokybės lygis.

Norint priimti racionaliausius sprendinius, reikia vertinti pagal daugiakriterinį metodą. Siekiant suprojektuoti efektyvią pastato apdailą, galima nagrinėti daugybę alternatyvų. Kaip pavyzdys šiame darbe pasiūlytas apdailos variantų daugiakriterinio įvertinimo modelis.

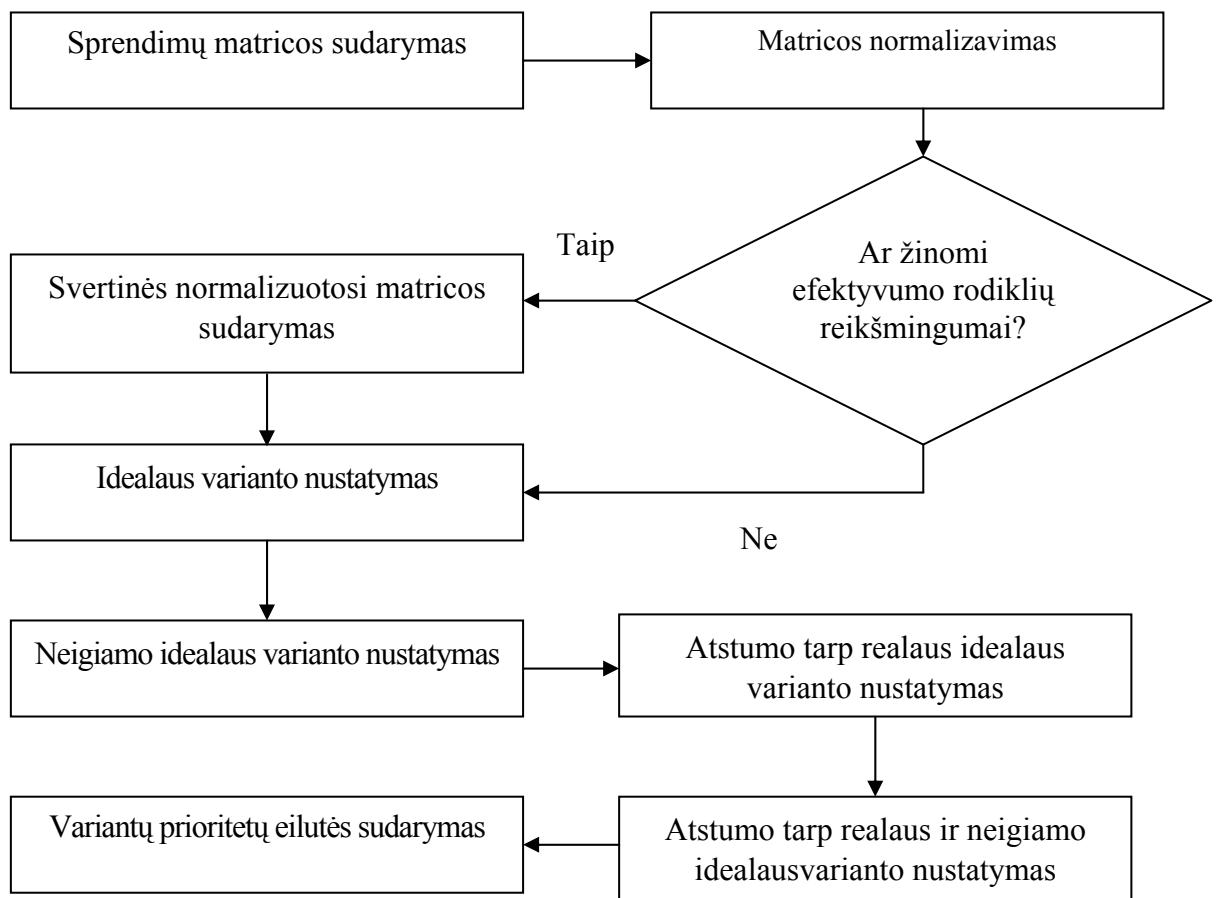
Tam, kad pasirinkti tinkamą apdailos variantą, TOPSIS (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*) metodas yra pasiūlytas, kuris dar vadinamas variantų racionalumo nustatymas artumo idealiajam taškui metodu. Šio metodo algoritmas parodytas 9 paveiksle.

Tarkime, kad kiekvieno rodiklio reikšmės nuolat didėja arba nuolat mažėja. Tada galima nustatyti „idealų“ sprendimą, kuris yra sudarytas iš geriausių rodiklių reikšmių, ir „neigiamai idealų“ sprendimą, kuris yra sudarytas iš blogiausių rodiklių reikšmių.

Šio metodo pagrindas yra aksiomų sistema [32], kurią turi tenkinti sprendimo priėmėjo pirmenybės aksiomomis įrodomos teoremos apie naudingumo funkcijos egzistavimą.

Alternatyvų naudingumo funkcija išreiškiama rodiklių reikšmingumo koeficientais ir vienkriterinėmis naudingumo funkcijomis. TOPSIS metodo gauta naudingumo funkcija leidžia įvertinti bet kurias alternatyvas. Taikant šį metodą, kiekviena alternatyva įgauna kiekybinio pavidalo naudingumo reikšmę ir gautus skaičius visada galima palyginti.

Variantų prioritetiškumui nustatyti gali būti taikomi ir kiti daugiakriterinio įvertinimo metodai.



9 pav. Artumo idealiajam taškui metodo realizavimo algoritmas

Toliau pateiktas pavyzdys siekiant pritaikyti TOPSIS metodą apdailos varianto parinkimui.

Iš *MicroStation TriForma* modelio pasirenkamas konstrukcinis elementas ar kompleksinė struktūra. Tada pasirenkami apdailos variantai. Apdaila brėžinyje bus

vaizduojama sluoksniais (11 pav.), kurių kiekvienam bus priskiriamos medžiagos, sluoksnio storis ir kiti reikalingi parametrai, kurie gaunami iš tipinių apdailos elementų klasifikatoriaus.

Pasiūlyto daugiakriterinio apdailos varianto modelis pateiktas 11 paveiksle.

Nagrinėjamo apdailos varianto pavyzdys:

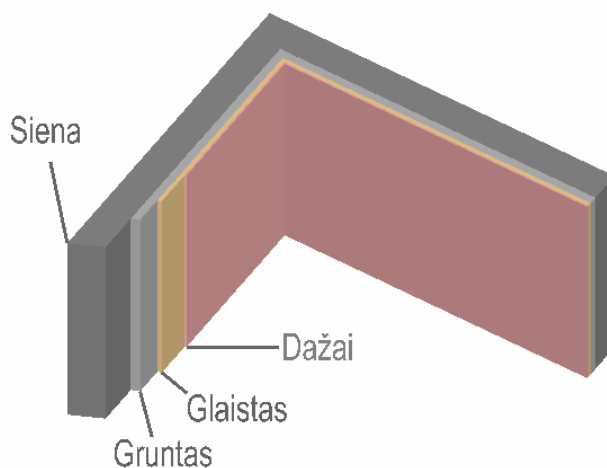
- Gerasis vidaus tinkuotų sienų dažymas vandens emulsiniais dažais (8 lent.);

8 lentelė. Vidaus patalpų sienų gerasis klajinis dažymas

Eil. Nr.	Pavadinimas	Kodas	Mato vnt.	Norma	Kaina	Kiekis	Suma	Darbas	Medžiagos
2	Vidaus patalpų sienų gerasis klajinis dažymas	N15-115	100 m ²		178,01	10	1780,14	1125,63	654,51
	Darbo jėga su vidutine kategorija 3.22	110010322	žm.val	14,2	7,927	142	1125,63	1125,63	
	Skudurai	810042	kg	0,01	1	0,1	0,1		0,1
	Popierius šlifuojamasis /įvairių pagrindų/	390019	m ²	0,04	14,28	0,4	5,71		5,71
	Glaistas klajinis-aliejinis	230179	t	0,003	2659,96	0,03	79,8		79,8
	Dažai klajiniai spalvoti	230148	kg	42,3	1,34	423	566,82		566,82
	Gruntuotė klajinė	230071	t	0,0268	7,76	0,268	2,08		2,08

Lentelėje (8 lent.) pateiktas apdailos darbams reikalingų medžiagų kiekis, darbo valandos, kainos (sąmata).

Paveiksle (10 pav.) pavaizduota apdaila sluoksniais, kuriems priskiriamos atitinkamos medžiagos, plotas, storis(iš *MicroStation TriForma* modelio).

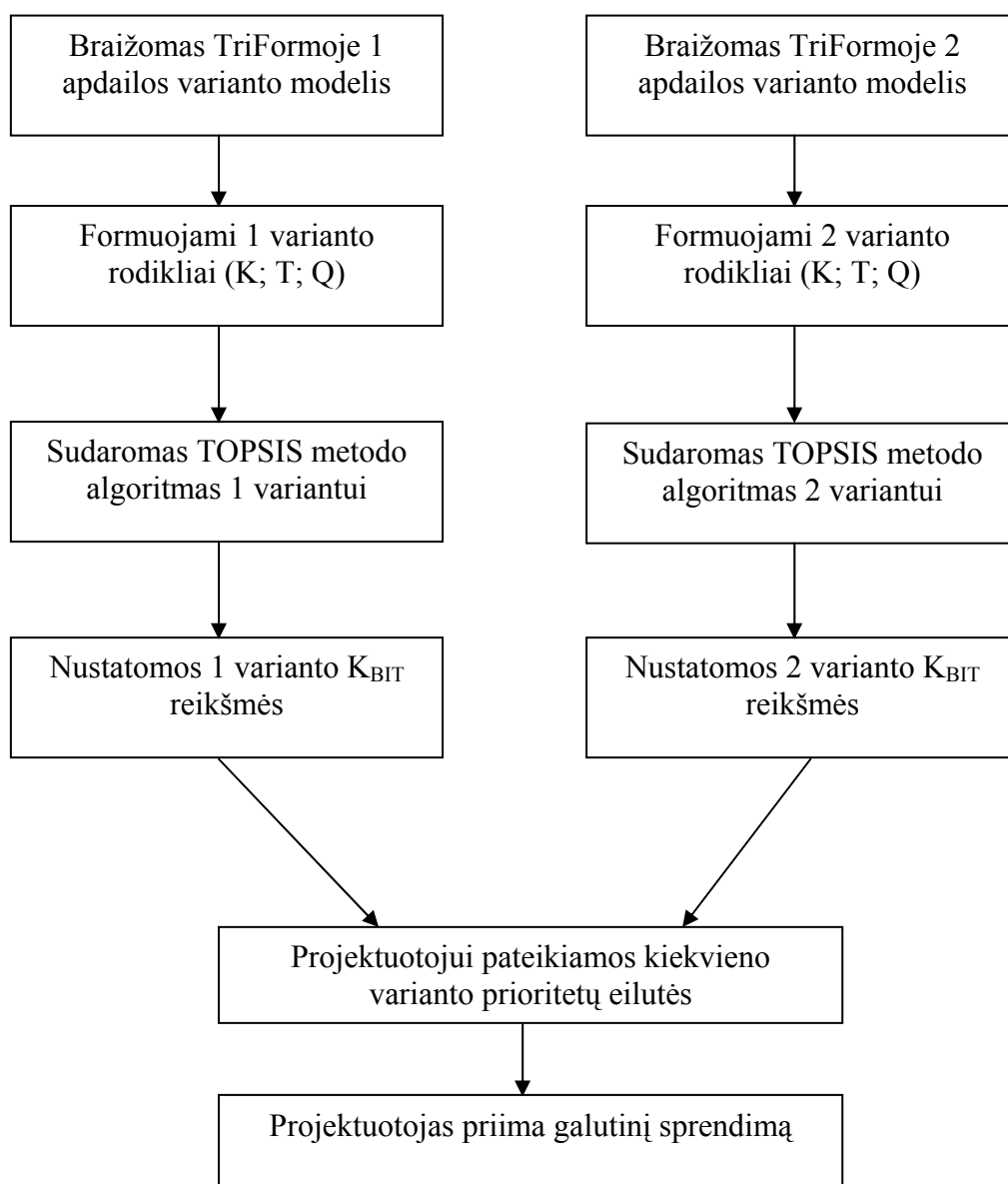


10 pav. Apdailos varianto brėžinys (modelis)

Variantus apibūdinantys vertinimo rodikliai pasirenkami atsižvelgiant į projektuotojo ar sąmatininko norus, patirtį. Šiuo atveju pasirinkti 3 vertinimo rodikliai:

- Kaina (K);
- Kiekis (Q);
- Žmogaus darbo valandos (T);

Rodiklius galima pasirinkt ir tokius: mašinos darbo valandos, plotas, sluoksnių skaičius (glaistymo, gruntavimo, dažų) ir t.t. Rodikliai vertinami pinigine ir ne pinigine išraiška.



11 pav. Siūlomas apdailos variantų daugiakriterinio įvertinimo modelis

Projektuotojas gavęs kiekvieno variantų artumo idealiam duomenis, priima jį tenkinanti apdailos variantą. Projektuotojas dėl to sutaupys savo ir kitų laiką reikalingą pasirenkant apdailą. Turėdamas variantų duomenis, jis bet kada gali peržiūrėti kitus variantus ir pasirinkti kitą, pvz. dėl medžiagų trūkumo ar dėl kitų priežasčių.

IŠVADOS

Atlikus šiame darbe užsibrėžtus uždavinius ir įgyvendinus darbo tikslus galima padaryti tokias išvadas:

1. Šiame darbe išanalizuoti projektavimo, sąmatų skaičiavimo ir daugiakriterinio įvertinimo metodai ir modeliai, kurie padeda susipažinti su statyboje naudojamais metodais.
2. Sudarytas bendrų tipinių apdailos konstruktyvinių elementų (gaminių) bei medžiagų klasifikatorius, kuris leidžia: sukurti funkcionalias elementų ir tipinių medžiagų bazes, susieti elementus ir medžiagas su statybos technologija, kontroliuoti ir analizuoti darbų eigą ir resursų išlaidas bendroje sistemoje ir kuris kartu palengvina projektuotojo ir sąmatininko darbą.
3. Analizuojant modernias informacines technologijas kompiuterinio projektavimo srityje, aprašoma pastato informacijos modelio (BIM) sąvoka, kurios koncepciją galima apibrėžti taip: sukurti statybos objekto projektavimo, statybos ir eksploatacinio valdymo strategiją, pagrįstą kompiuterinėmis objekto ir jo sukūrimo procesų modeliavimo technologijomis; užtikrinti grafinių ir informacinių duomenų srautų integruotą valdymą, kuris leistų suderinti virtualią grafiką su informaciniais srautais (DB) ir procesų aprašymais, visa tai atliekant bendroje programinėje terpėje; atskirus vykdytojus paversti komandomis, išsklaidytas priemones – kompleksiniais sprendimais, atskirus uždavinius sujungti į procesus; geriau, pigiau, greičiau vykdyti statybos objekto gyvavimo operacijas.
4. Suformuluota santykio tarp 3D grafinio-informacinio pastato modelio ir sąmatos koncepcija; sukurti metodai klasifikuoti apdailos konstruktyvinius elementus ir medžiagas, kurie yra susieti su statinio 3D modeliu; sukurtos reikalingos duomenų

struktūros, kas leido atlikti CAD OM ir sąmatinės programos integraciją – automatizuotai skaičiuoti sąmatą.

5. Pateiktas konkretus pavyzdys, vaizduojantis automatizuoto sąmatų sudarymo veiksmų eiliškumą ir duomenų perdavimą.
6. Kad būtų galima pasirinkti tinkamą dizainą, technologinius ir organizacinius pastatų apdailos variantus, pasiūlytas TOPSIS metodas, kurio gauta naudingumo funkcija leidžia įvertinti bet kurias alternatyvas. Taikant šį metodą, kiekviena alternatyva įgauna kiekybinio pavidalo naudingumo reikšmę ir gautus skaičius visada galima palyginti.

LITERATŪRA

1. Arditi D., Alnajjar A., Vingert N. Construction Cost Estimating Support System. *Cost Engineering*, 2002, Vol 44, No 10, P. 17-25.
2. Bendrieji statybos ir montavimo darbų normatyvai. Vilnius: Sistela, 2004.
3. Donath D., Loemker T. M., Richter K. Plausibility in the planning process—reason and confidence in the computer-aided design and planning of buildings. *Automation in Construction*, 2004, Vol 13, No 2, P. 159-166.
4. Donath D., Loemker T. M., Richter K. Presented in 3D. *Civil Engineering*, 1989, Vol 59, No 6, P. 48-50.
5. Ekholm A., Fridqvist S. A concept of space for building classification, product modelling, and design. *Automation in Construction*, 2000, Vol 9, No 3, P. 315-328.
6. Goldberg H. E. The Building Information Model. *CADalyst*, 2004, Vol 21, No 11, P. 56-59.
7. Государственные элементные сметные нормы (ГЭСН) на строительные работы. 2001.
8. HANG-WAI L., HON-YUEN T. Object-oriented analysis and design of computer aided process planning systems. *International journal computer integrated manufacturing*, 2000, Vol 13, No 1, P. 40-49.
9. Hegazy T., Ayed A. Neural network model for parametric cost estimation of highway projects. *Journal of Construction Engineering and Management*, 1998, Vol 124, No 3, P. 210–218.
10. Hoekstra J. Big Buzz for BIM. *Architecture*, 2003, Vol 92, No 7, P. 79-82.

11. Hojjat A. Neural Networks in Civil Engineering: 1989–2000. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 2001, Vol 16, No 2, P. 126–142.
12. Hojjat A., Mingyang W. Regularization neural network for construction cost estimation. *Journal of Construction Engineering & Management*, 1998, Vol 124, No 1, P. 18-24.
13. Isidore, J.L., Back, W.E. Multiple simulation analysis for probabilistic cost and schedule integration. *Journal of Construction Engineering and Management*, 2002, Vol 128, No 3, P. 211–219.
14. Jrade A., Alkass S. An Integrated System for Conceptual Cost Estimating of Building Projects. *Cost Engineering*, 2002, Vol 44, No 10, P. 28-35.
15. Kalay Y. E., Khelman L., Choi J.W. An integrated model to support distributed collaborative design of buildings. *Automation in construction*, 1998, Vol 8, No 2, P. 177-188.
16. Karshenas, S. Predesign cost estimating method for multistory buildings. *Journal of Construction Engineering and Management*, 1984, Vol 110, No1, P. 79–86.
17. Класификатор работ и услуг в строительстве (ОКРУС). 1980.
18. Kouskoulas, V., Koehn, E. Predesign cost-estimation function for buildings. *Journal of the Construction Division*, 1974, Vol 100(CO4), P. 589–604.
19. Mikalauskas S., Popovas V. SES 2000 – automatizuotas sąmatų sudarymas MicroStation TriForma terpėje. *Nauja Statyba*, No 10, 2003, P. 33-35.
20. Papamichael K., Chauvet H., LaPorta J., Dandridge R.. Product modeling for computer-aided decision-making. *Automation in construction*, 1999, Vol 8, No 3, P. 339–350.
21. Phair M. Unraveling the mystery of 3-D modeling. *Building Design & Construction*, 2002, Vol 43, No 11, P. 11-12.
22. Popovas V. Šiuolaikinių kompiuterinių projektavimo sistemų vystymosi tendencijos. Konferencijos “Statybinės konstrukcijos: kūrimas ir stiprinimas”, įvykusios Vilniuje 1999 m. gruodžio 3 d. pranešimų medžiaga, Vilnius: VGTU, Technika, P. 78-83.

23. Popovas V., Ustinovičius L., Mikalauskas S. Technique for computer aided evaluation of economic indicators of a construction project. *The 8th International Conference „Modern building materials, structures and techniques”- Selected papers* (May 19-21, Vilnius, VGTU), 2004, P. 242-248.
24. Sacks R., Eastmanand C. M., Lee G. Parametric 3D modeling in building construction with examples from precast concrete. *Automation in Construction*, 2004, Vol 13, No 3, P. 291-312.
25. Sanders K. Why building information modeling isn't working ... yet. *Architectural Record*, 2004, Vol 192, No 9, P. 181.
26. Siqueira I. Automated Cost Estimating System Using Neural Networks. *Project Management Journal*, 1999, Vol 30, No 1, P. 11-18.
27. Sonmez R. Conceptual cost estimation of building projects with regression analysis and neural networks. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 2004, Vol 31, No 4, P. 677-683.
28. Šarka V., Ustinovičius L., Zavadskas E. K.. Projektų sintezė naudojant kompromiso kompensacinius modelius statyboje. *Statyba (Journal of Civil Engineering and Management)*, 1999, Vol 5, No 6, P. 374-385.
29. Šarka V., Zavadskas E. K. Projektų sintezė sprendimų paramos sistemoje. 6-osios tarptautinės konferencijos „Naujos statybinės medžiagos, konstrukcijos ir technologijos”, įvykusios Vilniuje 1999 m. gegužės 19-21 d., straipsniai, (Vol 5) Vilnius: VGTU, Technika, P. 268-273.
30. Šarka V., Zavadskas E. K., Ustinovičius. Projektų daugiakriterinių sprendimų sintezės, remiantis priimamo sprendimo sėkmės kriterijumi, metodas. *Statyba (Journal of Civil Engineering and Management)*, 2000, Vol 6, No 3, P. 193-201.
31. Touran, A. Probabilistic cost estimation with subjective correlations. *Journal of Construction Engineering and Management*, 1993, Vol 119, No 1, P. 58–71.

32. Ustinovičius L., Zavadskas E. K. Statybos investicijų efektyvumo sistemotechninis įvertinimas. Vilnius: Technika, 2004, 220 p.
33. Высшие классификационные группировки отраслевого каталога продукции (ВКГОКП). 1980.
34. Wang E. Y., Betty H., Cheng C. Formalizing the functional model within object-oriented design. *International Journal of Software Engineering and Knowledge Engineering*. 2000, Vol 10, No 1, P. 5-30.
35. Zavadskas E., Peldschus F., Kaklauskas A. Multiple criteria evaluation of projects in construction. Vilnius: Technika, 1994, 226 p.
36. Zavadskas E. K., Kaklauskas A. Pastatų sistemotechninis įvertinimas. Vilnius: Technika, 1996, 280 p.
37. Zavadskas E.K., Kaklauskas A., Simanauskas L. Sprendimų paramos sistemos statyboje. Vilnius: Technika, 1998, 235 p.
38. Zavadskas E.K., Karablikovas A., Kriukelis V., Nakas H., Sakalauskas R., Šimkus J.R. Pastatų statybos technologija. Vilnius: Alma littera, 2000, 262 p.
39. Zavadskas E.K., Kaklauskas A., Banaitienė N. Pastato gyvavimo proceso daugiakriterinė analizė. Vilnius: Technika, 2001, 379 p.
40. Zavadskas E.K., Peldschus F., Ustinovičius L., Turskis Z. Lošimų teorija statybos technologijoje ir vadyboje. Vilnius: Technika, 2004, 196 p.