




## Civil engineering Statybos inžinerija

# STATYBOS RANGOS SUTARČIŲ KAINOS PERSKAIČIAVIMO MODELIS


Arvydas VILKONIS  , Jurgita ANTUCHEVIČIENĖ 

Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Vilnius, Lietuva

- gauta 2023 m. gegužės 24 d.
- priimta 2024 m. gegužės 7 d.

**Santrauka.** Pastaraisiais metais pasaulio ekonomika patyrė spartų statybos šakos ekonomikos pokytį bei rekordinę infliaciją. Statybų rinkoje sparčiai kilo statybinių medžiagų bei mechanizmų kainos, didėjo statybinių paslaugų kainos. Didžiausia problema tai, kad statybos projektai parengti ir rangos darbų sutartys tarp užsakovų ir rangovų sudarytos ankstesnėmis kainomis, todėl būtina ieškoti galimybių statybos rangos sutarčių kainai indeksuoti. Tyrimo tikslas – pasiūlyti matematinį statybos projekto kainos perskaičiavimo modelį ir programėlę išmaniesiems telefonams. Statybos projekto sėkmė priklauso nuo teisingų sprendimų, priimtų statybos rangos darbų pirkimų dokumentų rengimo ir įgyvendinimo etape. Tai yra sudėtingas ir daug teisinių, technologinių žinių reikalaujantis procesas. Siūlomas matematinis modelis padėtų užsakovams ir rangovams greitai ir be didelės specialistų techninės kompetencijos atlikti kainos perskaičiavimą pagal statybos kainų indeksą. Matematinis modelis pritaikytas išmaniesiems telefonams su „Android“ programine įranga.

**Reikšminiai žodžiai:** statybos rangos sutartis, statybos rangos darbų kaina, kainos perskaičiavimas, matematinis modelis.

 Autorius susirašinėti. El. paštas [arvydas.vilkonis@vilniustech.lt](mailto:arvydas.vilkonis@vilniustech.lt)

## 1. Įvadas

Statybos rangos sutarčių viešieji pirkimai yra vienas iš sudėtingiausių procesų statybos organizavimo etape, šis procesas buvo nagrinėjamas paskutinį šimtmetį (Wibowo et al., 2015). Statybos rangos darbų viešieji pirkimai apima ne tik techninius klausimus, bet ir ekonominius, teisinius bei rizikos valdymo klausimus, todėl techniškai ir ekonomiškai apgalvotas rangovų techninis pasiūlymas atlieka esminį vaidmenį sėkmingame statybos projekto įgyvendinimo etape (Zavadskas et al., 2010). Statybos rangos sutarčių pirkimas – tai procesas, kai rangovas pateikia statybos darbų kainos pasiūlymą, o užsakovas gali rasti geriausią rangovą statybos darbams atlikti už konkurencingą kainą (Rashidi et al., 2023). Statybos sektorius yra viena iš labiausiai į ginčus linkusių pramonės šakų, todėl nesugebėjimas laiku suvaldyti rizikos projekto įgyvendinimo etape gali rimtai paveikti projekto įgyvendinimo sėkmę (Plebankiewicz et al., 2021). Užsakovams rengiant statybos rangos darbų pirkimo dokumentus, svarbu tinkamai suplanuoti sutarties biudžetą, rangovams teikiant techninį ir ekonominį pasiūlymą statybos darbams, svarbu tinkamai įvertinti savo technines ir finansines galimybes (Vilkonis, 2023). Statybos projekto sėkmė priklauso nuo teisingų sprendimų, priimtų statybos rangos darbų pirkimų dokumentų rengimo etape. Tai yra sudėtingas ir daug teisinių bei technologinių žinių reikalaujantis procesas (Mohamad et al., 2010). Ryšio tarp

projekto finansavimo ir projekto įgyvendinimo planavimo nebuvimas turi įtakos projekto pinigų srautams ir sukuria iškreiptus projekto įgyvendinimo grafikus, dėl kurių dažnu atveju rangovai neįvykdo savo sutartinių įsipareigojimų. Projekto finansavimo problemos arba pasikeitusi ekonominė situacija šalyje turi įtakos ne tik pinigų srautams, bet ir projekto šalių bendradarbiavimui, todėl padidina konfliktų galimybes tarp projektą įgyvendinančių šalių (Arditi & Pattenakitchamroon, 2008). Todėl šio tyrimo tikslas – pasiūlyti matematinį statybos projekto kainos perskaičiavimo modelį ir programėlę išmaniesiems telefonams. Šiame tyrime nagrinėjamas matematinis modelis gali būti taikomas ne tik teoriškai, bet ir praktiškai statybos projekto įgyvendinimo metu dėl pasikeitusių ekonominių rodiklių perskaičiuoti sutarties kainą. Šis tyrimas taip pat gali būti pritaikomas ne tik statybos sektoriaus rangos darbų sutartims, bet ir kitų rūšių rangos sutarčių kainai perskaičiuoti. Kitame skyriuje apžvelgiami statybos projektų kainos perskaičiavimo tyrimai. Toliau pateikiamas matematinis modelis, išvados ir rekomendacijos.

## 2. Literatūros apžvalga

Ankstesniuose moksliniuose tyrimuose mokslininkai, tyrinėję rangovo išlaidų ir pelno planavimą, sukūrė modelius, padedančius rangovams valdyti projekto išlaidas (Alavi-pour & Arditi, 2018). Daugelis mokslininkų tyrė rangovų

pasiūlymų kainos skaičiavimo ir nustatymo problemas (Rothkopf & Harstad, 1994; Lorentziadis, 2016). Šiuos tyrimus galima suskirstyti į keturias grupes (Marzouk & Moselhi, 2003; Wang et al., 2007):

- Statistiniai modeliai.
- Dirbtiniu intelektu pagrįsti modeliai.
- Kelių kriterijų sprendimų priėmimo modeliai.
- Operacijų tyrimų modeliai.

Statistiniai modeliai – kainų pasiūlymas apskaičiuojamas pagal konkrečios statybos rūšies konkurentų siūlomų kainų statistinę analizę (Zhang et al., 2011). Nors dirbtiniu intelektu pagrįsti modeliai yra naujesni nei kiti kainų apskaičiavimo metodai, pirmieji moksliniai tyrimai ir bandymai, pagrįsti dirbtiniu intelektu, buvo atlikti praėjusio amžiaus dešimtajame dešimtmetyje (Li, 1996). Elsayegh et al. (2020) pasiūlė dirbtiniu intelektu grįstą konkurencinių statybos pasiūlymų modeliavimą ir modelio rezultatų analizę statybos projekto viešųjų pirkimų procese. Taikant kelių kriterijų sprendimų priėmimo modeliais pagrįstus metodus naudojamas matematinis ir loginis algoritmas. Chou et al. (2013) pasiūlė AHP (*Analytic Hierarchy Process*) ir modeliavimo derinį, kad padėtų statybos rangovams priimti sprendimą, teikiant pasiūlymą statybos projektui. Operacijų tyrimų modeliai naudoja matematinius programavimo modelius, taikoma matematinė tikimybių teorija (Huang, 2016).

Atlikta daugybė mokslinių tyrimų, kuriuose buvo nagrinėjama, kaip statybos darbų pakeitimai daro įtaką statybos projektams, o rezultatai rodo, kad daugelis statybos projektų visame pasaulyje susiduria su sutarčių keitimo problemomis dėl statybos darbų grafiko vėlavimo ir projekto išlaidų padidėjimo (Nandiniet et al., 2022). Statybos rangos sutarties keitimas statybos etape paprastai reikalauja daug finansinių ir žmogiškųjų kompetencijų bei išteklių, palyginti su procesu projektavimo etape, todėl reikia ištirti pagrindinę priežastį ir bet kokią galimą poveikį statybos projektui. Kiekvienas pakeitimas reikalauja analizės ir sprendimo, kuris priklausys nuo suinteresuotųjų projekto šalių santykio ir bendravimo (Smith et al., 2023). Vilkonis et al. (2023) atliko išsamų mokslinį tyrimą, vertinant statybos projekto kokybės užtikrinimą ir galimų ginčų prevencijos didinimą tarp užsakovų ir rangovų. Tyrimo metu buvo nustatyti kriterijų rinkiniai, kuriuos statybos dalyviai galėtų naudoti bendrosiose ir konkrečiose sutarčių sąlygose ir kuriuos taikant būtų galima sumažinti sutarčių sąlygų neapibrėžtumą ir iš anksto užkirsti kelią ginčams tarp užsakovo ir rangovo.

Yra daug priežasčių keisti statybos rangos sutartį, o pakeitimų priežastis galima suskirstyti į keturias grupes (Hwang et al., 2014):

- Užsakovo – užsakovo inicijuoti pakeitimai dėl sutartyje nustatytų užsakovo specialiųjų reikalavimų keitimo.
- Konsultantų – konsultantų inicijuojami pakeitimai, pavyzdžiui, techninės priežiūros arba projektuotojų.
- Rangovo – rangovo inicijuoti pakeitimai, siekiant sutaupti išlaidas, laiką arba pagerinti statybos projekto kokybę.
- Kiti – kiti pakeitimai, kuriuos inicijuoja subrangovai.

Veiksniai, prisidedantys prie projekto išlaidų viršijimo, yra kainų pokytis, prastas projektavimas ir įgyvendinimas, netinkamas ir netikslus projekto biudžeto planavimas, administracinis neapibrėžtumas ir įmonių veiklos koordinavimo trūkumas (Love et al., 2013). Apskaičiuojant orientacinę statybos darbų kainą, yra vertinamas rangovo pelnas, projekto sąnaudos, darbo užmokestis, tiesioginės ir netiesioginės išlaidos ir kitos išlaidos (Majer et al., 2020). Daugumoje statybos projektų užsakovas sumoka rangovui už atliktus darbus, kai rangovas pateikia darbų atlikimo aktą (Sonmez et al., 2022). Statinio projekto įgyvendinimo etape užsakovo neapmokėjimas rangovui už atliktus darbus gali turėti neigiamų pasekmių projekto terminui, kainai, kokybei ir statybos darbų našumui, dėl to gali kilti ginčas tarp rangovo ir užsakovo, gali įvykti rangovo bankrotas ar net sutarties nutraukimas (Nguyen et al., 2022). Rangovai susiduria su dideliais iššūkiais planuodami pinigų srautus projekto įgyvendinimo etape, siekdami užtikrinti pakankamą pinigų srautą viso statybos projekto metu. Finansavimo trūkumas ir nuolatiniai vėlavimai atsiskaityti už atliktus darbus trukdo rangovo pinigų srautų planavimui, o tai vėliau lėtina statybos projekto eigą ir ilgina projekto trukmę, todėl buvo įrodyta, kad pinigų srautų nepastovumas mažina rangovo pelningumą ir sukelia išlaidų viršijimą visais rangovo veiklos aspektais (Omopariola et al., 2020).

Rangovas, dalyvaudamas viešuosiuose pirkimuose ir teikdamas pasiūlymą statybos rangos darbams, skaičiuoja savo pelną ir statybos įgyvendinimo išlaidas, vadovaudamasis pateiktomis medžiagų tiekėjų kainų pasiūlymais. Atsižvelgiant į pasaulinę ekonominę situaciją bei geopolitinę situaciją pasaulyje (karas Ukrainoje), medžiagų tiekėjai rangovui pateikia kainų pasiūlymus, kurie galioja tik kelias dienas. Iki tol, kol pasirašoma statybos darbų rangos sutartis tarp užsakovo ir rangovo, medžiagų kainos gali pasikeisti kelis kartus, todėl rangovas praranda savo planuotą pelną, dažnu atveju patiria nuostolį (Vilkonis, 2023). Aiškaus punkto nebuvimas statybos rangos sutarties pirkimo dokumentuose dėl kainos perskaičiavimo galimybės užprogramuoja teisinį ginčą tarp užsakovo ir rangovo.

Kitame skyriuje pateikiamas autorių parengtas matematinis modelis, kuris skirtas sutarties šalims greitai ir objektyviai perskaičiuoti sutarties kainą.

### 3. Statybos rangos sutarties kainos perskaičiavimo modelis

Siekiant palengvinti rangos sutarties šalims tinkamą sutarties kainos perskaičiavimą, buvo sukurtas matematinis modelis ir internetinis įrankis bei programėlė išmaniesiems telefonams, kuriuos taikant galima perskaičiuoti sutarties kainą pagal statybos sąnaudų kainų indekso pokytį. Sukurto matematinio įrankio naudotojas turi užpildyti aktualią informaciją, pagal kurią bus perskaičiuota sutarties kaina (1 lentelė).

**1 lentelė.** Informacija kainai perskaičiuoti

Klausimas	Galimas atsakymas
Sutarties įsigaliojimo data	Pasirenkama sistemoje pagal rangos sutarties sąlygas
Indeksavimo laikotarpio pabaigos data	Pasirenkama sistemoje pagal rangos sutarties sąlygas
Sutarties vertė (be PVM)	Irašoma sutarties vertė pagal rangos sutarties sąlygas
Užsakovo priimtų darbų vertė iki kainos indeksavimo datos (be PVM)	Irašoma priimtų darbų vertė
Pradžios indeksas	Irašomas pradžios indeksas pagal oficialiai skelbiamą Statistikos departamento informaciją
Pabaigos indeksas	Irašomas pabaigos indeksas pagal oficialiai skelbiamą Statistikos departamento informaciją
Kainos perskaičiavimas ne anksčiau kaip po	Pasirenkama sistemoje pagal rangos sutarties sąlygas
Statybos sąnaudų indekso pokytis procentais	Irašomas statybų sąnaudų indekso pokytis procentais pagal rangos sutarties sąlygas

**1 paveikslas.** Kainos perskaičiavimo modelis (Kainodara, 2022)

Matematiname modelyje kainos perskaičiavimas atliekamas taikant šią pasiūlytą formulę:

$$P_{rec} = P_{acc} + (P_{con} - P_{acc}) \times \frac{I_{end}}{I_{beg}}, \quad (1)$$

čia  $P_{rec}$  – perskaičiuota sutarties kaina;  $P_{acc}$  – užsakovo priimtų darbų vertė;  $P_{con}$  – sutarties vertė;  $I_{beg}$  – pradžios indeksas;  $I_{end}$  – pabaigos indeksas.

Matematinis modelis skaičiuoja pasirinkto statybos kainų indekso pokytį tarp pradžios ir pabaigos indeksų. Vartotojui nurodžius nustatytą klaidingą pradžios ir pabaigos indeksą, sistema rodo įspėjimą, kad kainos perskaičiavimas galimas tik nurodžius teisingą indeksų intervalą. Taip pat matematinis modelis skaičiuoja atsižvelgdamas į nurodytos kainos perskaičiavimo galimybę ne anksčiau kaip numatyta rangos sutarties sąlygose. Vartotojui nustačius neteisingas sutarties įsigaliojimo ir indeksavimo laikotarpio pabaigos datas, sistema pateikia įspėjimą apie nurodytos informacijos netikslumą.

Matematinio modelio vizualizacija pateikta 1 pav. Matematinis modelis pritaikytas ir išmaniesiems telefonams su „Android“ programine įranga.

**4. Išvados**

Remiantis atlikta literatūros analize, buvo pasiūlytas matematinis modelis, kuris padėtų užsakovams ir rangovams greitai ir be didelės specialistų techninės kompetencijos

atlikti kainos perskaičiavimą pagal statybos kainų indeksą. Matematinis modelis taip pat pritaikytas išmaniesiems telefonams, kuriuose veikia „Android“ programinė įranga. Siūlomas matematinis modelis, taip pat ir telefoninė programėlė gali būti taikomi ne tik statybos rangos sutarčių kainai perskaičiuoti, bet ir kitų rangos sutarčių kainoms perskaičiuoti. Matematinio modelio naudotojui užpildžius prašomą informaciją, sistema automatiškai apskaičiuoja indeksuotą sutarties kainą. Sistema automatiškai tikrina, ar naudotojas teisingai nurodo nustatytą indeksavimo pradžią ir pabaigą bei indeksavimo laikotarpį, nuo kurio gali būti atliktas kainos perskaičiavimas pagal rangos sutarties bendrąsias ir specialiąsias sutarties sąlygas. Siūlomas matematinis modelis veikia dvejomis kalbomis, t. y. lietuvių ir anglų, tačiau lengvai gali būti modifikuotas ir pritaikomas kitoms kalboms. Statybos kainos perskaičiavimo modelio apribojimai nustatyti, kad kainos perskaičiavimas galimas praėjus ne mažiau kaip vienam mėnesiui nuo sutarties pasirašymo, tačiau modelis gali būti pritaikytas pagal konkrečių pirkimų dokumentų nuostatas dėl kainos perskaičiavimo laikotarpio.

**Literatūra**

- Alavipour, S. M. R., & Arditi, D. (2018). Optimizing financing cost in construction projects with fixed project duration. *Journal of Construction Engineering and Management*, 144(4), 04018012–1–04018012–13. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001451](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001451)
- Arditi, D., & Pattanakitchamroon, T. (2008). Analysis methods in time-based claims. *Journal of Construction Engineering and Management*, 134, 242–252. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(2008\)134:4\(242\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(2008)134:4(242))
- Chou, J. S., Pham, A. D., & Wang, H. (2013). Bidding strategy to support decision-making by integrating fuzzy AHP and regression-based simulation. *Automation in Construction*, 35, 517–527. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.06.007>
- Elsayegh, A., Dagli, C. H., & El-Adaway, I. H. (2020). An agent-based model to study competitive construction bidding and the winner's curse. *Procedia Computer Science*, 168, 147–153. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.02.278>
- Huang, Z. X. (2016). Modeling bidding decision in engineering field with incomplete information: A static game-based ap-

- proach. *Advances in Mechanical Engineering*, 8(1), 1–8. <https://doi.org/10.1177/168781401562483>
- Hwang, B. G., Zhao, X., & Goh, K. J. (2014). Investigating the client-related rework in building projects: The case of Singapore. *International Journal of Project Management*, 32, 698–708. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2013.08.009>
- Kainodara. (2022). <https://www.kainodara.lt>
- Li, H. (1996). Neural network models for intelligent support of mark-up estimation. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 3(1/2), 69–81. <https://doi.org/10.1108/eb021023>
- Lorentziadis, P. L. (2016). Optimal bidding in auctions from a game theory perspective. *European Journal of Operational Research*, 248(2), 347–371. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2015.08.012>
- Love, P. E. D., Wang, X., Sing, C., & Tiong, R. L. K. (2013). Determining the probability of cost overruns. *Journal of Construction Engineering and Management*, 139, 321–330. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000575](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000575)
- Majer, R., Ellingerová, H., & Gašparík, J. (2020). Methods for the calculation of the lost profit in construction contracts. *Buildings*, 10, Article 74. <https://doi.org/10.3390/buildings10040074>
- Marzouk, M., & Moselhi, O. (2003). A decision support tool for construction bidding. *Construction Innovation*, 3(2), 111–124. <https://doi.org/10.1108/14714170310814882>
- Mohamad, R., Hamdan, A. R., Othman, Z. A., & Noor, N. M. M. (2010). Decision support systems (DSS) in construction tendering processes. *International Journal of Computer Science*, 7(7), 35–45. <https://arxiv.org/abs/1004.3260>
- Nandini, S. S., Varadharajan, R., Kumar, S. K., & Krishnaraj, L. (2022). Effective ways to handle the change management for cost in various types of contracts. In L. Y. Loon, M. Subramanian, K., & Gunasekaran (Eds.), *Lecture notes in civil engineering: Vol. 191. Advances in construction management* (pp. 501–511). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-981-16-5839-6\\_43](https://doi.org/10.1007/978-981-16-5839-6_43)
- Nguyen, V. T., Do, S. T., Tran, C. N. N., & Vo, M. D. (2022). Assessing the impact of the traits of payment delay causes on subcontractor's business performance in construction projects: A case study in Vietnam. *International Journal of Construction Management*, 1–11. <https://doi.org/10.1080/15623599.2022.2152980>
- Omopariola, E. D., Windapo, A., Edwards, D. J., & Thwala, W. D. (2020). Contractors' perceptions of the effects of cash flow on construction projects. *Journal of Engineering, Design and Technology*, 18, 308–325. <https://doi.org/10.1108/JEDT-04-2019-0099>
- Plebankiewicz, E., Zima, K., & Wieczorek, D. (2021). Modelling of time, cost and risk of construction with using fuzzy logic. *Journal of Civil Engineering and Management*, 27(6), 412–426. <https://doi.org/10.3846/jcem.2021.15255>
- Rashidi, A., Tamošaitienė, J., Ravanshadnia, M., & Sarvari, H. (2023). A scientometric analysis of construction bidding research activities. *Buildings*, 13(1), Article 220. <https://doi.org/10.3390/buildings13010220>
- Rothkopf, M. H., & Harstad, R. M. (1994). Modeling competitive bidding: A critical essay. *Management Science*, 40(3), 364–384. <https://doi.org/10.1287/mnsc.40.3.364>
- Smith, J., Edwards, D. J., Martek, I., Chileshe, N., Hayhow, S., & Roberts, C. J. (2023). The antecedents of construction project change: An analysis of design and build procurement application. *Journal of Engineering, Design and Technology*, 21(3), 655–689. <https://doi.org/10.1108/JEDT-12-2020-0507>
- Sonmez, R., Ahmadiheyksarmast, S., & Güngör, A. A. (2022). BIM integrated smart contract for construction project progress payment administration. *Automation in Construction*, 139, Article 104294. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104294>
- Vilkonis, A. (2023). Analysis of public procurement for building contracts. *Mokslas – Lietuvos ateitis [Science – Future of Lithuania]*, 15, 1–5. <https://doi.org/10.3846/mla.2023.16913>
- Vilkonis, A., Antuchevičienė, J., & Kutut, V. (2023). Construction contracts quality assessment from the point of view of contractor and customer. *Buildings*, 13, Article 1154. <https://doi.org/10.3390/buildings13051154>
- Wang, W. C., Dzung, R. J., & Lu, Y. H. (2007). Integration of simulation-based cost model and multi-criteria evaluation model for bid price decisions. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 22(3), 223–235. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8667.2007.00480.x>
- Wibowo, M. A., Astana, I. N. Y., & Rusdi, H. A. (2015). An analysis of bidding strategy, project performance and company performance relationship in construction. *Procedia Engineering*, 125, 95–102. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.11.015>
- Zavadskas, E. K., Vilutienė, T., Turskis, Z., & Tamošaitienė, J. (2010). Contractor selection for construction works by applying SAW-G and TOPSIS Grey techniques. *Journal of Business Economic and Management*, 11(1), 34–55. <https://doi.org/10.3846/jbem.2010.03>
- Zhang, G., Zhang, G., Gao, Y., & Lu, J. (2011). Competitive strategic bidding optimization in electricity markets using bilevel programming and swarm technique. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 58(6), 2138–2146. <https://doi.org/10.1109/TIE.2010.2055770>

## PRICE RECALCULATION MODEL OF CONSTRUCTION CONTRACTS

A. Vilkonis, J. Antuchevičienė

Abstract

In recent years, the world economy has experienced rapid economic change in the construction sector and record inflation. The rapidly rising prices of construction materials and machinery in the construction market are also pushing up the cost of construction services. The main problem is that construction projects have been drawn up and contracts between clients and contractors have been awarded at previous prices, and it is therefore necessary to look for opportunities to index the price of construction contracts. The aim of the study is to propose a mathematical model and a smartphone application for the price recalculation of construction projects. The success of a construction project depends on the correct decisions taken at the stage of preparation and implementation of the procurement documents for construction contracts, a complex process requiring a lot of legal and technological knowledge. The proposed mathematical model would help clients and contractors to carry out the calculation of the price according to the construction price index quickly and without the need for extensive specialist technical expertise. The mathematical model is adapted to smartphones with Android software.

**Keywords:** construction contract, purchase price of construction contracts, price recalculation, mathematical model.