

SKAITMENINIŲ TECHNOLOGIJŲ DIEGIMO PROBLEMATIKA KELIŲ STATYBOS ĮMONĖSE

Artūras JAKUBAVIČIUS, Tadas BISIKIRSKAS*

*Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Verslo vadybos fakultetas,
Verslo technologijų ir verslininkystės katedra, Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lietuva*
*El. paštas tadas.bisikirskas@stud.vilniustech.lt

Gauta 2022 m. sausio 25 d.; priimta 2022 m. gegužės 31 d.

Santrauka. Norint išlikti konkurencingais reikia diegti inovacijas. Inovacijoms didelę įtaką turi skaitmeninės technologijos. Kelių statybų pramonė ir toliau susiduria su poreikiu didinti našumą ir mažinti kelių statybos sąnaudas. Remontuoti esamus ir statyti naujus kelius reikia greičiau, kokybiškiau. Norint visa tai pasiekti būtina išplėsti pažangių technologijų naudojimą. Skaitmeninis perėjimas yra sprendimas, kuris gali pakeisti statybos pramonę gerinant našumą, kokybę ir kontrolės priemones. Šio straipsnio tikslas įvertinti skaitmeninių technologijų diegimo problematiką kelių statybos įmonėse. Šiame straipsnyje analizuojama skaitmeninių technologijų prieinamumas ir galimas jų poveikis produktyvumo gerinimui statybos gyvavimo laikotarpiu. Taip pat analizuojama nauda ir kliūtis trukdančios diegti skaitmenines technologijas kelių statybos įmonėse. Apžvelgiama skaitmeninių technologijų pažanga, analizuojamas jų poveikis kelių statybos įmonių darbo produktyvumui visame pasaulyje. Tyrimas rodo, kad skaitmeninių technologijų diegimas kelių statybos pramonėje labai įtakoja darbo produktyvumą. Kuo daugiau diegiama skaitmeninių technologijų kelių statybos pramonėje tuo labiau gerėja darbo produktyvumas. Darbo metodai: mokslinės literatūros analizė, ekspertų apklausa.

Reikšminiai žodžiai: skaitmeninės technologijos, inovacijos, kelių statybos įmonės, inovacijų diegimas, Pramonė 4.0.

Įvadas

Lietuva 2021 m. Pasaulio inovacijų indekse užėmė 39 vietą, surinkusi 39,9 balų. Inovacijų diegimas – konkurencingo verslo, kiekvieno asmens ir valstybės privalumas. Todėl inovacijų priemonių modeliavimas, vertinimas, projektavimas ir efektyvumo didinimas tampa vis aktualesnėmis temomis padedančios spręsti praktines verslo plėtros problemas. Kad būtų pasiekti ES 2030 m klimato ir energetikos tikslai ir pasiekti Europos žaliojo susitarimo tikslai, labai svarbu, kad investicijas nukreiptume į tvarius projektus ir veiklą. Todėl kelių statybos įmonės turėtų numatyti inovacijų diegimą žiedinės ekonomikos kontekste.

Gamyba yra didžiausias Lietuvos ūkio sektorius. Lietuvos statistikos departamento duomenimis, 2019 metais ji sudarė 19,4 % Lietuvos bendrojo vidaus produkto. Be to, gamybos sektorius taip pat labai prisideda prie Lietuvos ekonomikos augimo, nes pramoninės prekės sudaro daugiau nei 80% viso Lietuvos prekių ir paslaugų eksporto (2019 m. ~70 %).

Lietuvos eksporte stipriai dominuoja žemos pridėtinės vertės segmentai. Europos Komisijos duomenimis, Lietuvai tenka trečia mažiausia vidutinių ir aukštųjų technologijų produktų dalis visoje ES eksporto struktūroje – 35 proc., kai ES vidutiniškai sudaro 56 proc., o Vokietijos – 67 proc. Tuo pat metu Lietuvos gamybos įmonės taip pat susiduria su neigiamos demografinės raidos pasekmėmis, dėl kurių smarkiai išaugo darbo sąnaudos (2012–2017 m. +60,4 proc.) ir trūksta kvalifikuotų darbuotojų. Darbo sąnaudos 2017–2018 metų laikotarpiu augo 12,1 proc.

Siekdama išspręsti šiuos iššūkius – padedama Europos nacionalinių skaitmeninio iniciatyvų platformos, pagal ES pramonės politikos strategiją ir bendradarbiaudama su Vokietijos pramonės 4.0 platforma – Lietuva sukūrė Nacionalinę pramonės skaitmeninio platformą „Pramonė 4.0“.

Ketvirtoji pramonės revoliucija, sugalvota vokiečių ir pavadinta prekių ženklu „Industrie 4.0“ („Pramonė 4.0“), yra naudojamas terminas ne vienoje šalyje. Tai bendromis verslo, vyriausybės, pramonės ir mokslo pastangomis

sukurta platforma, kuri turi padėti įmonėms įsidiesti inovacijas į jų gamybos procesus. Statyba yra viena iš sparčiausiai augančių pramonės šakų visame pasaulyje, todėl automatikos ir mašinų valdymo technologijų naudojimas sparčiai auga. Duomenimis pagrįstos technologijos ir didelių duomenų analizė iš esmės pakeitė kelių statybų erdvę. Kelių tiesimo konkursų sąlygos griežtėja, kaip ir kokybės rezultatams keliami standartai. To pasėkoje, norint išlikti konkurencingam būtina diegti skaitmenines technologijas.

Pagrindinis klausimas, kuris dažniausiai kyla „Industrie 4.0“ („Pramonė 4.0“) revoliucijos kontekste, neturėtų būti kiek dėl technologijų diegimo bus atleista darbuotojų. Turime kelti klausimą, kaip, pasitelkiant technologijas, padidinti žmonių produktyvumą, analitinius gebėjimus. Technologija yra ne tam, kad pakeistų žmones, o tam, kad jiems padėtų dirbti produktyviau.

Problema: Buvo atlikti esminiai skaitmeninių technologijų diegimo statybose įmonėse tyrimai, kuriais nustatyta daugybė kultūrinių, organizacinių institucinių, technologinių, finansinių kliūčių technologijų pritaikymui. Šie tyrimai parodė kad, pagrindinėmis kliūtimis skaitmeninių technologijų diegimui kelių statybos įmonėse įvardino nepakankamas technines galimybes ir įgūdžių lygį, nenorą keistis, nepakankamus išteklius, integracijos ir bendradarbiavimo trūkumą, sunkumus laikantis galiojančių reglamentų ir nustatytų standartų. Tačiau nebuvo atliekami kelių statybos sektoriuje žmogiškųjų santykių požiūris (analizė) į skaitmeninių technologijų diegimą.

Didžioji dalis šių tyrimų patvirtino, kad skaitmeninių technologijų technologinė pažanga turi potencialą žymiai pagerinti sąnaudas, kokybę ir produktyvumą kelių statybos įmonėse. Tačiau kai kurie tyrimai rodo, kad yra didelių techninių ir organizacinių kliūčių, kurios veiksmingai trukdo šių technologijų pritaikymui.

Darbo tikslas: Išanalizuoti skaitmeninių technologijų diegimo perspektyvas kelių statybos įmonėse.

Darbo uždaviniai:

- Apibrėžti inovacijų sampratą;
- Įvardinti kliūtis skaitmeninių technologijų diegimui kelių statybos įmonėse;
- Apibūdinti kelių statybos sektoriaus specifiškumą.
- Įvertinti skaitmeninių technologijų teikiamą naudą kelių statybos pramonėje;

Darbo metodai: mokslinės literatūros analizė, ekspertinis vertinimas.

Hipotezės:

- Skaitmeninių technologijų diegimas kelių statybos įmonėse turi įtakos darbo kokybei ir produktyvumui.
- Egzistuoja teigiamas ir statistiškai reikšmingas ryšys tarp skaitmeninių technologijų diegimo bei darbo kokybės ir produktyvumo pagerėjimo kelių statybos įmonėse.

1. Inovacinės veiklos samprata

Inovaciją kaip sąvoką sunku apibrėžti, tačiau ekonomistai dažniausiai naudoja terminus, susijusius su kokybės ir įvairovės padidėjimu arba išlaidų sumažėjimu, rinkos teikiamų prekių ir paslaugų (Broughel & Thierer, 2019).

Rinkos įgauna pagreitį, didėja susidomėjimas inovacijomis, jų diegimu ir procesų kontrole. Atsižvelgiant į klientų besikeičiančius poreikius ir elgsenas, įmonėms būtina atsinaujinti. Tad organizacijoms siekiant pasinaudoti technologijų teikiamoms galimybėms, jos investuoja į inovacijas. Samprotaujant apie organizacijų konkurencinių pranašumus, galima pabrėžti trys esminius aspektus – sugebėjimas efektyviai valdyti organizacijos žinias, pagal tai projektuoti naujas įžvalgas bei kurti inovacijas (Atkočiūnienė et al., 2019). Taikyti inovacijas galima paslaugų teikimui, produktų gamybai, procesų valdymui (Aghion et al., 2018). Inovacijos tampa reikšminga efektyvios veiklos sąlyga žinių ekonomikoje, nes globalizacijos laikmetyje didėja poreikis užtikrinti stabilų organizacijų augimą, naujų produktų kūrimą bei naujų metodų, kaip didinti vertę klientams, generavimą (Atkočiūnienė et al., 2019). Naujovės leidžia įmonėms sumažinti savo gamybos sąnaudas, o sutauptas lėšas investuoti į kitas naujoves (Aghion et al., 2018).

Technologinės inovacijos susijusios su: naujomis paslaugomis, naujais procesais ir technologijomis, naujomis medžiagomis, naujais produktais, kurie turi būti panaudoti taip, kad statinio priežiūra ir išlaidos būtų sumažintos. Inovacijos turi mažinti energijos sąnaudas, gerinti vartotojų pasitenkinimą gyvenimu (nuotaiką, sveikatą, darbingumą (Kildienė, 2014).

Inovacijų matavimai reikalauja apibrėžimų, kad būtų užtikrinta, jog būtų renkami palyginami duomenys apie dominančius reiškinius. Taip pat Oslo vadove apibrėžiamos naujovės, susijusios su novatoriška organizacija: naujovė turi būti nauja (nauja ar žymiai patobulinta) organizacijai, tačiau nėra reikalavimo, kad naujovė būtų rinkos naujovė (Arundel et al., 2019). Be to, ketvirtasis „Oslo Vadovo“ leidimas rekomenduoja rinkti duomenis apie įvairių rūšių naujoves, visų pirma produktus (prekes ar paslaugas) ir procesus. „Oslo Vadovo“ bendras naujovių apibrėžimas, taikomas visiems nacionalinių sąskaitų sistemos ekonomikos sektoriams, įskaitant visuomenę. Apibrėžime nėra jokių

reikalavimų, kad naujovės normatyviai būtų geresni už esamus procesus ar produktus. Naujovėms reikia tik reikšmingų pokyčių, palyginti su tuo, kas buvo naudojama anksčiau. Kognityviniai bandymai parodė, kad viešojo sektoriaus vadovai neturi daug problemų dėl Oslo vadovo naujumo koncepcijos, kuri yra nauja ar žymiai patobulinta pačiam subjektui ar kategorijoms. Tačiau vadovai asmeniškai neturintis suvokimo naujovėms, pradeda prieštarauti įgyvendinimui ir nenumatytiems reikalavimams. Anot Arundel et al. (2019), nors įgyvendinimas suprantamas, viešojo sektoriaus vadovai stengiasi praktikoje laikytis šio apibrėžimo, nes daugelis viešojo sektoriaus naujovių yra paslaugos ar procesai, kurie gyvuoja ilgą laiką. Atsižvelgiant į tai, kad nėra norminių reikalavimų, daugelis viešojo sektoriaus vadovų mano, kad naujovė turi „padaryti kažką geresnio“ arba turi būti siekiama geresnių rezultatų. Kognityviniai bandymai Australijoje ir Europoje nustato, kad pasipriešinimas apibrėžimui, kuris neįtraukia norminio komponento, atsiranda dėl to, kad viešajame sektoriuje dažnai atliekami pertvarkymai. Viešojo sektoriaus vadovai „organizacinių struktūrų pertvarkymo“ nelaukia naujovėmis, nebent būtų pasiektas geresnis rezultatas ar nauda. Kognityvinių testų rezultatai rodo, kad galima naudoti viešojo sektoriaus inovacijų apibrėžimą, kuris apibrėžtų „Oslo vadovą“, (taip leidžiama palyginti su verslo sektoriaus inovacijų duomenimis). Tačiau gali po to paaiškėti, jog restruktūrizavimas neįtraukiamas arba nurodoma padaryti kažką „geresnio“. Gaultas (Gault, 2018) siūlo „riboto“ naujovių sąvoką, kurioje platų naujovių apibrėžimą riboja papildomi reikalavimai, pavyzdžiui, aplinkos tvarumo reikalavimas. Viešajame sektoriuje vienas iš būdų, kaip išlaikyti palyginamumą su „Oslo vadovu“, būtų universalus apibrėžimas, atitinkantis „Oslo vadovą“, o po to – klausimas, ar kuri nors įmonės naujovė padarė kažką geresnio. Tai būtų ribotų naujovių pavyzdys. Gebėjimas atpažinti „geresnes“ naujoves taip pat yra naudingas tyrimams, susijusiems su strategiškai pagrįstų naujovių valdymu ir matavimu, kai „sėkmė“ reikalinga nuolat pritraukti šaltinių (Ibrahim, 2013). Taigi skaitmeninimas, pvz., internetas, išmanieji įrenginiai, debesų kompiuterija ir kitos duomenų apdorojimo technologijos galėtų pašalinti duomenų tvarkymo apimtį ir patikimumo apribojimus bei pagreitinti duomenų perdavimo greitį geografiniu požiūriu. Tai rodo, kad skaitmeninės technologijos teikia naudos visoje kelių statybų darbų grandinėje (Hoover et al., 2017), o skaitmeniniai sutrikimai gali pakeisti kelių statybos pramonės ateitį (Gordon & Curtis, 2018).

1.1. Pagrindinės kliūtys skaitmeninių technologijų diegimui kelių statybos įmonėse

Spartus technologijų naudojimo paklausos augimas yra nustatytas visame pasaulyje (Shibeika & Harty, 2015), nes statybos pramonėje kyla problemų dėl produktyvumo, sąnaudų ir kokybės pasiekimo. Schoenborn et al. (2012) šiuos iššūkius susiejo su lėtu naujų technologijų įsisavinimu.

Pasauliniu mastu statybų pramonė atsilieka nuo daugelio kitų pramonės šakų technologijų pritaikymo ir diegimo srityje (Stewart et al., 2004; Grybkauskas, 2008; Hooper et al., 2010; Sepasgozar et al., 2016), o statyba pripažinta gana žemų technologijų sektoriumi (Noktehdan et al., 2015).

Galima teigti, kad pasaulinė statybų bendruomenė pastaraisiais metais didino pastangas, diegdama naujas technologijas, siekiant pagerinti našumą, sumažinti išlaidas, padidinti kokybę ir tvarumą (Loosemore, 2014). Pavyzdžiui, JK vyriausybė skatino inovacijų kultūrą technologijų srityje, kad iki 2025 m. būtų pasiektas technologiškai pažangus statybos sektorius (Shibeika & Harty, 2015). Tačiau aplinkybės, kylančios dėl naujų technologijų, kėlė kliūčių investuotojams, todėl sklaida buvo didelis iššūkis (Gledson & Phoenix, 2017).

Suprun ir Stewart (2015) teigė, kad tik aukštųjų technologijų sektoriai, tokie kaip informacinės ir ryšių technologijos, biotechnologijos ir nanotechnologijos, pagerėjo naujoviškų technologijų požiūriu palyginti su kitais sektoriais (pvz., statyba, gamyba ir kt.). Po panašaus Loosemore (2014) atlikto tyrimo, pagrįsto išsamia Australijos apklausa, šis sektorius buvo nustatytas kaip mažai technologijų pasiekęs sektorius – tik 30,8 proc. novatoriškas.

Kaip ir dauguma šalių, statybų pramonė ir toliau susiduria su spaudimu didinti našumą ir mažinti statybos sąnaudas. Pagrindinis dėmesys skiriamas naujų technologijų, apimančių sistemas, įrankius ir įrangą, ir naujų išteklių, naudojamų projektavimo / statybos procese, siekiant skaitmeninti statybų pramonę įtraukimas.

Brandonas ir Lu (Debaille et al., 2008) teigė, kad pasaulinė statyba juda link mašinų dominuojamo sektoriaus; Tolesniame tyrime Froese (2010) paskelbė daugybę skaitmeninių naujovių, kurios gali turėti įtakos statybos įmonių funkcijoms, produktyvumui ir įperkamumui. Tai apima skaitmeninių technologijų taikymą projektuojant ir konstruojant, siekiant pagerinti vizualizaciją (Patacas et al., 2015), visur prieinamą informaciją vietoje ir už jos ribų (Ruwanpura & Habib, 2012), saugos kontrolę (Zhou et al., 2012), komunikaciją (Gringhuis et al., 2014) ir pažangos stebėjimą (Zhang & Arditi, 2013).

Šiuo metu didžiausio susidomėjimo sulaukusios koncepcijos yra 3D spausdinimas, dirbtinis neuronų tinklas (ANN), dirbtinė realybė (AR), autonominė transporto priemonė / robotų sistema, brūkšninio kodo technologija, debesų kompiuterija, elektroninės komercijos technologijos, įskaitant internetinį projektų valdymą, geografinės

informacijos sistemos (GIS), pasaulinės padėties nustatymo sistema (GPS), stereolitografija, mobiliosios ir nešiojamos technologijos, GPS valdomi įrenginiai, mašinerija bei nanotechnologijos, išmaniosios medžiagos ir statybiniai komponentai (Sepasgozar et al., 2016).

Miettinen ir Paavola (2014) teigė, kad sinergetinis skaitmeninių technologijų taikymas daro informaciją prieinamą per tarpusavyje sujungtas automatines sistemas. Pavyzdžiui, integruojant AR technologiją į BIM, skirtą statybietės veiklos informacinei sistemai (Wang et al., 2014). Kai kurios iš šių technologijų padidino našumą iki 40%, o tai patenkino labai reikalingą efektyvumo padidėjimą (Zhou et al., 2012). Skaitmeninių technologijų sklaida gali žymiai padidinti našumą, tačiau šis poveikis menkai suprantamas. Panašiai šios technologijos yra transformuojančios ir gali paskatinti inovacijų diegimą ir įgyvendinimą.

1.2. Kelių statybos sektoriaus specifiškumas

Kelių statyba yra sudėtingas procesas. Procesas priklauso nuo išorinių veiksnių. Ekonominis aktyvumas statybos sektoriuje priklauso nuo metų laikų. Pastaruoju metu sezoniškumo įtaka statybos darbams sumažėjo dėl naujų medžiagų ir technologijų, tačiau kalbant apie kelių sektorių vis dėlto sezoniškumas darbams turi didelę reikšmę. Darbas statybose – vienas pavojingiausių. Jame nuolat įvyksta daugiau nelaimingų atsitikimų negu bet kuriame kitame Europos ūkio sektoriuje. Atlyginimai dažniausiai yra didesni, palyginti su darbais kituose sektoriuose, kuriems būdingi panašaus lygio gebėjimai. Žemas pridėtinės vertės žmogui statybos sektoriuje lygis lemia finansinį spaudimą statybos įmonėms, ypač smulkiojo ir vidutinio verslo. Todėl šis sektorius yra labai jautrus žaliavų kainai. Statybos sektoriuje būtino profesinio pasirengimo lygis labai skiriasi priklausomai nuo darbo: norint dirbti profesinėje arba statybos vadybos srityje dažniausiai reikia turėti statybų mokslo, statybos vadybos arba inžinerijos bakalauro laipsnį, statybos mokslo, verslo ir vadybos kvalifikacijas bei atitinkamą darbo patirtį statybos sektoriuje. Taip pat būtina išmanyti sutartis, planus ir specifikacijas, statybos būdus, medžiagas ir teisinius reikalavimus.

Tačiau kelių sektoriui kyla ir iššūkių, tarp jų ir didėjanti subrangos tendencija, augantys reikalavimai tradiciniams mokymo metodams ir nesugebėjimas reikiamai prisitaikyti prie kintančių gebėjimų poreikių. Tai savo ruožtu mažina sektoriaus, kaip darbo vietos, patrauklumą. Šie pokyčiai kur kas greičiau vyksta Vakarų negu Rytų Europoje. Iš tiesų Vakarų Europos statybos (kelių) sektorius vis labiau priklauso nuo itin mobilių darbuotojų iš Rytų Europos.

2. Tyrimo metodika

Siekiant išanalizuoti skaitmeninių technologijų diegimo perspektyvas kelių statybos įmonėse buvo atlikta ekspertų apklausa – anketavimo būdu. Ekspertinis vertinimo metodas – tai procedūra, leidžianti suderinti atskirų ekspertų nuomones ir suformuoti bendrą sprendimą. Apklausoje iš viso dalyvavo 12 ekspertų. Respondentams atrinkti buvo taikoma neatsitiktinė atranka – apklausti tie asmenys, kurie turi inžinerinį išsilavinimą, dirba ne mažiau 5 metų kelių statybos sektoriuje, turi atestuotus kelių statybos pažymėjimus ir sutiko atsakyti į klausimus. Ekspertinių vertinimų tikslas – žinių iš žmogaus eksperto gavimas, kodavimas, struktūrinis perdėbimas ir interpretavimas taikant loginius ir matematinius metodus.

Tyrimo instrumentas – anketa (žr. 1 priedą). Buvo apklausta 12 ekspertų. Anketa buvo sudaryta remiantis mokslinės literatūros analize. Anketą sudarė 4 klausimai. Pirmaisiais anketos klausimais ekspertų buvo prašoma nurodyti išsilavinimą ir darbo stažą. Trečiuoju anketos klausimu ekspertų buvo prašoma išreikšti savo požiūrį į skaitmeninių technologijų diegimo perspektyvas kelių statybos įmonėse, ar jų nuomone jos būtų naudingos. Ketvirtąjį anketos klausimą sudarė 12 teiginių apibūdinančių darbo produktyvumą ir našumą. Kiekvienas teiginys buvo vertinamas pagal dešimtbalę skalę.

Tyrimo data: tyrimas buvo atliktas 2021 m. lapkričio mėn.

Tyrimo vieta: tyrimas buvo vykdomas universitete, darbovietėse.

Darbe buvo iškeltos dvi hipotezės:

- Skaitmeninių technologijų diegimas kelių statybos įmonėse turi įtakos darbo kokybei ir produktyvumui.
- Egzistuoja teigiamas ir statistiškai reikšmingas ryšys tarp skaitmeninių technologijų diegimo bei darbo kokybės ir produktyvumo pagerėjimo kelių statybos įmonėse.

Siekiant patikrinti iškeltas hipotezes atlikta regresinė ir koreliacinė analizė naudojant SPSS programą.

Regresinė analizė. Regresinės lygtys bus sudarytos ir jų adekvatumas realiai padėčiai bus nustatytas su tais nagrinėjtais veiksniais, kurių koreliacijos koeficientai buvo statistiškai reikšmingi:

1 lentelė. Koreliacijos koeficientas tarp skaitmeninių technologijų diegimo ir darbo kokybės

Modelio santrauka									
Modelis	R	R ²	Patikslintas R ²	Įvertis	Change Statistics				
					R ² pokytis	F pokytis	df1	df2	Sig. F pokytis
1	,340 ^a	,116	,027	,63405	,116	1,309	1	10	,279

a. Numatyti: (konstanta), Ar manote, kad skaitmeninių technologijų diegimas būtų naudingas?

Atlikus skaičiavimus gavome, kad koreliacijos koeficientas tarp skaitmeninių technologijų diegimo ir darbo kokybės $r = 0,340$, o determinacijos koeficientas $r^2 = 0,116$. Remiantis tyrimo metodikoje pateikta koreliacijos koeficiento reikšmių lentele (1 lentelė), matome, kad ji rodo silpną ryšį tarp analizuojamų kintamųjų. Sudarome regresijos lygtį, kurios patikimumas lygus 11,6 proc. Silpnas ryšys rodo, kad tiriamieji klausimai nepriklauso vienas nuo kito (žr. 2 lentelę).

2 lentelė. Sig reikšmingumo lygmuo

Dispersinė analizė ^b						
Modelis		Kvadratų suma	df	Vidutinė reikšmė	F	Sig.
1	Regresija	,526	1	,526	1,309	,279 ^a
	Likutis	4,020	10	,402		
	Suma	4,546	11			

a. Numatyti: (konstanta), Ar manote, kad skaitmeniniu technologijų diegimas būtų naudingas?
b. Priklausomas kintamasis: Darbo kokybė

3 lentelė. Regresijos koeficientai

Koeficientai ^a						
Modelis		Nestandardizuotas koeficientas		Standartizuotas koeficientas	t	Sig.
		B	Paklaida	Beta		
1	(Konstanta)	7,152	,740		9,659	,000
	Ar manote, kad skaitmeniniu technologijų diegimas būtų naudingas?	,758	,662	,340	1,144	,279

a. Priklausomas kintamasis: Kokybės

3-je lentelėje „Regresijos koeficientai“ („Coefficients“) pateikti regresinių lygčių nestandardizuoti („B“) ir standartizuoti („beta“) koeficientai parodo nepriklausomų kintamųjų įtaką priklausomojo kintamojo lygiui.

Gauname tokią tiesinės regresijos lygties išraišką:

$$y = 7,152 + 0,758x_1. \quad (1)$$

4 lentelė. Koreliacijos koeficientas tarp skaitmeninių technologijų diegimo ir darbo produktyvumo

Modelio santrauka									
Modelis	R	R ²	Patikslintas R ²	Įvertis	Change Statistics				
					R ² pokytis	F pokytis	df1	df2	Sig. F pokytis
1	,810 ^a	,655	,621	,33364	,655	19,013	1	10	,001

a. Numatyti: (konstanta), Ar manote kad skaitmeninių technologijų diegimas būtų naudingas?

Atlikus skaičiavimus gavome, kad koreliacijos koeficientas tarp skaitmeninių technologijų diegimo ir darbo produktyvumo $r = 0,810$, o determinacijos koeficientas $r^2 = 0,650$ (4 lentelė). Remiantis tyrimo metodikoje pateikta koreliacijos koeficiento reikšmių lentele, matome, kad ji rodo labai stiprų ryšį tarp analizuojamų kintamųjų. Kadangi determinacijos koeficientas yra didesnis negu 0,2 galima sudaryti regresijos lygtį, kurios patikimumas lygus 65,5 proc.

5 lentelė. Sig reikšmingumo lygmuo

Dispersinė analizė ^b						
Modelis		Kvadratų suma	df	Vidutinė reikšmė	F	Sig.
1	Regresija	2,116	1	2,116	19,013	,001 ^a
	Likutis	1,113	10	,111		
	Suma	3,230	11			
a. Numatyti: (konstanta), Ar manote, kad skaitmeninių technologijų diegimas būtų naudingas?						
b. Priklausomas kintamasis: Produktyvumas						

Aukštas Sig reikšmingumo lygmuo rodo (5 lentelė), kad modelis yra tinkamas analizei.

6 lentelė. Skaitmeninių technologijų diegimo įtaka darbo produktyvumui

Koeficientai ^a						
Modelis		Nestandardizuotas koeficientas		Standartizuotas koeficientas	t	Sig.
		B	Paklaida	Beta		
1	(Konstanta)	6,675	,390		17,133	,000
	Ar manote kad skaitmeninių technologijų diegimas būtų naudingas?	1,519	,348	,810	4,360	,001
a. Priklausomas kintamasis: Darbo produktyvumas						

6-oje lentelėje „Regresijos koeficientai“ („Coefficients“) pateikti regresinių lygčių nestandardizuoti („B“) ir standartizuoti („beta“) koeficientai parodo nepriklausomų kintamųjų įtaką priklausomojo kintamojo lygiui. Pagal gautus rezultatus matyti, kad skaitmeninių technologijų diegimas turi reikšmingos įtakos darbo produktyvumui.

Gauname tokią tiesinės regresijos lygties išraišką:

$$y = 6,675 + 1,519x_1. \quad (2)$$

Koreliacinė analizė. Siekiant įvertinti ryšį tarp skaitmeninių technologijų diegimo, darbo kokybės ir produktyvumo atlikta koreliacinė analizė.

7 lentelė. Ryšys tarp skaitmeninių technologijų diegimo, darbo kokybės ir produktyvumo

		Ar manote kad skaitmeninių technologijų diegimas būtų naudingas?	Darbo kokybė	Darbo produktyvumas
Ar manote kad skaitmeninių technologijų diegimas būtų naudingas?	Apklaustųjų koreliacija	1	,340	,810**
	Sig.			,001
	N	12	12	12
Darbo kokybė	Apklaustųjų koreliacija	,340	1	,401
	Sig.	,279		,197
	N	12	12	12
Darbo produktyvumas	Apklaustųjų koreliacija	,810**	,401	1
	Sig.	,001	,197	
	N	12	12	12
** Koreliacijos reikšmė 0,01.				

Atlikus koreliacinę analizę (7 lentelė) nustatytos statistiškai reikšmingos tarpusavio sąsajos. Vertinant rezultatus galime pastebėti, kad skaitmeninių technologijų diegimo nauda statistiškai reikšmingai ir stipriai susijusi su darbo produktyvumu ($r = 0,810$; $p = 0,001$). Tai rodo, kad skaitmeninių technologijų diegimas kelių statybos pramonėje labai įtakoja darbo produktyvumą. Kuo daugiau diegiama skaitmeninių technologijų kelių statybos pramonėje tuo labiau gerėja darbo produktyvumas. Teigiamas, silpnas ryšys nustatytas tarp skaitmeninių technologijų diegimo naudos ir darbo kokybės ($r = 0,340$; $p = 0,279$). Gautas rezultatas nėra statistiškai reikšmingas. Tai reiškia, kad nuo skaitmeninių technologijų diegimo nepriklauso darbo kokybė. Skaitmeninių technologijos nepagerina darbo kokybės.

Išvados

Iš atliktų tyrimų gautu rezultatu, matome statiškai reikšmingos tarpusavio sąsajos. Vertinant rezultatus galime pastebėti, kad skaitmeninių technologijų diegimo nauda statistiškai reikšmingai ir stipriai susijusi su darbo produktyvumu. Tai rodo, kad skaitmeninių technologijų diegimas kelių statybos pramonėje labai įtakoja darbo produktyvumą. Kuo daugiau diegiama skaitmeninių technologijų kelių statybos pramonėje tuo labiau gerėja darbo produktyvumas.

Silpnas ryšys nustatytas tarp skaitmeninių technologijų diegimo naudos ir darbo kokybės (paslauga ar produktas). Gautas rezultatas nėra statistiškai reikšmingas. Tai reiškia, kad nuo skaitmeninių technologijų diegimo nepriklauso darbo kokybė. Skaitmeninių technologijos nepagerina darbo kokybės. Galima lengvai paaiškinti: skaitmeninių technologijų diegimas neturi įtakos, nes atliktų darbų kokybė nepriklausomai yra įdiegtos ar nėra įdiegtos skaitmeninės technologijos – turi atitikti statybos techninį reglamentą ir kokybę atitinkančius standartus. Darbo kokybė turi būti vienoda prie bet kokių sąlygų, todėl ir analizuojamuose rezultatuose nėra priklausomybės tarp tiriamųjų kintamųjų.

Darbe analizuojamos skaitmeninių technologijų funkcijų dėl jų indėlio į našumo gerinimą. Maksimaliai suskaitmenizavus statybos procesus tikimas rezultatas:

- trumpėja kelio statinių projektavimo laikas;
- mažėja projektinių sprendinių neatitikimo rizika;
- gerėja ryšys tarp užsakovo, rangovo ir techninio prižiūrėtojo (pagreitėja komunikacija);
- trumpėja statybos laikas;
- gerėja eismo organizavimas;
- gerėja technikos panaudojimas (technikos darbo našumas).

Visa tai pasiekus mažintume neatsinaujinančių gamtos išteklių naudojimą.

Ekspertai dalyvavę apklausoje (11-ka iš 12-os) pažymėjo, jog nors skaitmeninių technologijų diegimas beveik visus rodiklius pagerintų, tokioms naujovėms nepritaria. Priežastis dvi: nepriimtini stiprus pokyčiai; galimas etatu mažinimas diegiant skaitmenizavimą.

Literatūra

- Arundel, A., Bloch, C., Ferguson, B. (2019). Advancing innovation in the public sector: Aligning innovation measurement with policy goals. *Research Policy*, 48(3), 789–798. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2018.12.001>
- Aghion, P., Bergeaud, A., Lequien, M., & Melitz, M. J. (2018). The impact of exports on innovation: Theory and evidence. In *Banque de France Working Paper No. 678*. SSRN. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3171084>
- Atkočiūnienė, Z. O., Siudikienė, D. ir Girnienė, I. (2019). Inovatyvios lyderystės vaidmuo žinių valdymo ir inovacijų kūrimo procesuose šiuolaikinėje organizacijoje. *Informacijos Mokslai*, 86, 68–97. <https://doi.org/10.15388/Im.2019.86.27>
- Broughel, J., & Thierer, A. (2019). *Technological innovation and economic growth: A brief report on the evidence*. Mercatus center. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3346495>
- Debaille, V., Yin, Q. Z., Brandon, A. D., & Jacobsen, B. (2008). Martian mantle mineralogy investigated by the 176Lu–176Hf and 147Sm–143Nd systematics of shergottites. *Earth and Planetary Science Letters*, 269(1–2), 186–199. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2008.02.008>
- FEGDA. (2019). *Kelių statybos technologinių kompetencijų tobulinimo programos mokymo medžiaga*. FEGDA.
- Froese, T. M. (2010). The impact of emerging information technology on project management for construction. *Automation in Construction*, 19(5), 531–538. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2009.11.004>
- Gault, F. (2018). Defining and measuring innovation in all sectors of the economy. *Research Policy*, 47(3), 617–622. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2018.01.007>
- Gledson, B. J., & Phoenix, C. (2017). Exploring organisational attributes affecting the innovativeness of UK SMEs. *Construction Innovation*, 17(2), 224–243. <https://doi.org/10.1108/CI-11-2015-0065>
- Gordon, G., & Curtis, M. (2018). *Study Report SR375 Building-quality issues: A literature review*. Branz.

- Gringhuis, S. I., Kaptein, T. M., Wevers, B. A., van der Vlist, M., Klaver, E. J., van Die, I., Vriend, L. E. M., de Jong, M. A. W. P., & Geijtenbeek, T. B. H. (2014). Fucose-based PAMPs prime dendritic cells for follicular T helper cell polarization via DC-SIGN-dependent IL-27 production. *Nature Communications*, 5, 5074. <https://doi.org/10.1038/ncomms6074>
- Grybkauškas, S. (2008). Nomenklatūrinis sovietinės Lietuvos pramonės valdymas: partinės baudmės, KGB kompromitavimas ir klienteliniai ryšiai. *Genocidas ir Rezistencija*, 24–44.
- Hooper, C., Craig, J., Janvrin, D. R., Wetsel, M. A., & Reimels, E. (2010). Compassion satisfaction, burnout, and compassion fatigue among emergency nurses compared with nurses in other selected inpatient specialties. *Journal of Emergency Nursing*, 36(5), 420–427. <https://doi.org/10.1016/j.jen.2009.11.027>
- Hoover, S., Snyder, J., & Menard, A. (2017). *Automation and robotics: Rethinking engineering and construction jobs*. FMI Corp.
- Ibrahim, N. H. (2013). Reviewing the evidence: use of digital collaboration technologies in major building and infrastructure projects. *Journal of Information Technology in Construction*, 18, 40–63.
- Kildienė, S. (2014). *Tvários statybos technologijų plėtros daugiapakopis vertinimas* [disertacija, Vilniaus Gedimino technikos universitetas]. Vilnius, Lietuva. <https://doi.org/10.20334/2257-M>
- Loosemore, M. (2014). Improving construction productivity: A subcontractor's perspective. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 21(3), 245–260. <https://doi.org/10.1108/ECAM-05-2013-0043>
- Miettinen, R., & Paavola, S. (2014). Beyond the BIM utopia: Approaches to the development and implementation of building information modeling. *Automation in Construction*, 43, 84–91. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2014.03.009>
- Noktehdan, M., Shahbazzpour, M., & Wilkinson, S. (2015). Driving innovative thinking in the New Zealand construction industry. *Buildings*, 5(2), 297–309. <https://doi.org/10.3390/buildings5020297>
- Patacas, J., Dawood, N., Vukovic, V., & Kassem, M. (2015). BIM for facilities management: Evaluating BIM standards in asset register creation and service life. *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*, 20, 313–331.
- Ruwanpura, J., & Habib, A. (2012). Application of Microsoft Kinect Sensor for tracking construction workers. In *Construction Research Congress 2012*. ASCE Library. <https://doi.org/10.1061/9780784412329.087>
- Schoenborn, J. M., Jones, J. R., Schubert, R. P., & Hardiman, T. E. (2012). *A case study approach to identifying the constraints and barriers to design innovation for modular construction*. Virginia Tech.
- Sepasgozar, S. M. E., Loosemore, M., & Davis, S. R. (2016). Conceptualising information and equipment technology adoption in construction. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 23(2), 158–176. <https://doi.org/10.1108/ECAM-05-2015-0083>
- Shibeika, A., & Harty, C. (2015). Diffusion of digital innovation in construction: A case study of a UK engineering firm. *Construction Management and Economics*, 33(5–6), 453–466. <https://doi.org/10.1080/01446193.2015.1077982>
- Stewart, J. R., Ehlers, G., Wills, A. S., Bramwell, S. T., & Gardner, J. S. (2004). Phase transitions, partial disorder and multi-k structures in Gd₂Ti₂O₇. *Journal of Physics: Condensed Matter*, 16(28), L321. <https://doi.org/10.1088/0953-8984/16/28/L01>
- Suprun, E. v., & Stewart, R. A. (2015). Construction innovation diffusion in the Russian Federation barriers, drivers and coping strategies. *Construction Innovation*, 15(3), 278–312. <https://doi.org/10.1108/CI-07-2014-0038>
- Wang, T., Lin, J., Chen, Z., Megharaj, M., & Naidu, R. (2014). Green synthesized iron nanoparticles by green tea and eucalyptus leaves extracts used for removal of nitrate in aqueous solution. *Journal of Cleaner Production*, 83, 413–419. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.07.006>
- Zhang, C., & Arditi, D. (2013). Automated progress control using laser scanning technology. *Automation in Construction*, 36, 108–116. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.08.012>
- Zhou, W., Whyte, J., & Sacks, R. (2012). Construction safety and digital design: A review. *Automation in Construction*, 22, 102–111. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2011.07.005>
- Zhou, Z., Kavehrad, M., & Deng, P. (2012). Indoor positioning algorithm using light-emitting diode visible light communications. *Optical Engineering*, 51(8), 085009. <https://doi.org/10.1117/1.OE.51.8.085009>

PRIEDAI

1 priedas. Apklauso anketa

Ši anoniminė ekspertų (statinio statybos vadovo atestatus turintys kelių statybos inžinieriai) apklausa skirta įvertinti kriterijų, įtakančių skaitmeninių technologijų kūrimą, sklaidą ir įgyvendinimą, reikšmingumą kelių statybos įmonėse, t. y. nustatyti kriterijų svorius.

Informacija apie ekspertą

1. Jūsų aukštojo inžinerinio išsilavinimo laipsnis (bakalauras, magistras, daktaras):

- a) bakalauras;
- b) magistras;
- c) daktaras.

2. Jūsų darbo patirtis kelių ir jų statinių statybos sektoriuje:
- 5 metai;
 - 6–10 metų;
 - 11–15 metų;
 - 16–20 metų;
 - 21 ir daugiau metų.
3. Kaip manote, ar skaitmeninių technologijų diegimas kelių statybos įmonėse būtų naudingas?
- Taip;
 - Ne.
4. Įvertinkite, kiek Jums svarbūs žemiau pateikti kriterijai. Kaip vertinate šiuos teiginius? Kai 10 – labai svarbus kriterijus, 1 – visiškai nesvarbus.

Skaitmeninių technologijų diegimas:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Trumpins kelių statybos laiką										
Greitins kelių projektavimo laiką										
Mažins kelių statybos kaštus										
Mažins neatsinaujinančių gamtinių išteklių naudojimą										
Gerins kelių statybos kokybę										
Ilgins pastatytų kelių tarnavimo laiką										
Gerins statomų kelių kontrolę										
Mažės žmogiškieji ištekliai										
Tikslesnis duomenų perdavimas										
Gerins santykius tarp statybos dalyvių										
Mažins CO ₂ išmetimą										
Skatins inovacijas kelių statybose										

PROBLEMS OF DIGITAL TECHNOLOGIES IMPLEMENTATION IN ROAD CONSTRUCTION COMPANIES

Artūras JAKUBAVIČIUS, Tadas BISIKIRSKAS

Abstract. Implementation of technologies are needed to stay competitive. Innovation is influenced by digital technologies. The road construction industry continues to meet the need to increase productivity and reduce the road construction costs. Repairs of existing roads and the construction of new roads need to be faster and of better quality. To achieve this, it is necessary to expand the use of innovative technologies. Digitalization is the solution that can transform to road construction industry by improving productivity, quality, and control measures. This paper analyzes the availability of digital technologies and their potential impact on improving productivity over the lifecycle of construction. The benefits and barriers to implement digital technology in road construction companies are also analyzed. It reviews the progress of digital technology, analyzes its impact on productivity in road construction companies around the world. The study shows that that customers and contractors are willing to invest in digital technologies to increase or accelerate the uptake and better understand the benefits that digital technologies can increase productivity, growth in construction and long-term success. Methodology: analysis of scientific literature, survey of experts. The aim of this article is to evaluate the problems of digital technology implementation in road construction companies.

Keywords: digital technology, innovation, road construction companies, implementation of innovations, Industry 4.0.