

S A U L I U S   A D A M A U S K A S

---

**T E C H N O L O G I J Ų  
D I E G I M O R I N K O S  
S A Ų L Y G O M I S L A I K O  
N U S T A T Y M O M O D E L I S**

---

D A K T A R O   D I S E R T A C I J O S  
S A N T R A U K A

S O C I A L I N I A I   M O K S L A I ,  
E K O N O M I K A   ( 0 4 S )

K a u n a s  
2 0 1 6

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS  
KLAIPĖDOS UNIVERSITETAS  
LIETUVOS ENERGETIKOS INSTITUTAS

SAULIUS ADAMAUSKAS

**TECHNOLOGIJŲ DIEGIMO RINKOS SĄLYGOMIS LAIKO  
NUSTATYMO MODELIS**

Daktaro disertacijos santrauka  
Socialiniai mokslai, ekonomika (04S)

2016, Kaunas

Disertacija rengta 2012–2016 metais Kauno technologijos universiteto Ekonomikos ir verslo fakulteto Finansų katedroje.

**Mokslinis vadovas:**

Prof. dr. Rytis KRUŠINSKAS (Kauno technologijos universitetas, socialiniai mokslai, ekonomika, 04S).

**Lietuvių kalbos redaktorė:**

Inga Nanartonytė  
Leidykla „Technologija“

**Ekonomikos mokslo krypties disertacijos gynimo taryba:**

Prof. dr. Vytautas SNIEŠKA (Kauno technologijos universitetas, socialiniai mokslai, ekonomika, 04S) – **pirmininkas**;

Prof. dr. Andrzej BUSZKO (Varmijos ir Mozūrijos universitetas Olštynė, socialiniai mokslai, ekonomika, 04S);

Prof. dr. Valdonė DARŠKUVIENĖ (ISM Vadybos ir ekonomikos universitetas, socialiniai mokslai, ekonomika, 04S);

Prof. dr. Vaida PILINKIENĖ (Kauno technologijos universitetas, socialiniai mokslai, ekonomika, 04S);

Prof. dr. Asta VASILIAUSKAITĖ (Kauno technologijos universitetas, socialiniai mokslai, ekonomika, 04S).

Disertacija bus ginama viešame Ekonomikos mokslo krypties tarybos posėdyje 2016 m. spalio 14 d. 13 val. Kauno technologijos universiteto Disertacijų gynimo salėje (K. Donelaičio g. 73-403, Kaunas).

Adresas: K. Donelaičio g. 73, LT-44249 Kaunas, Lietuva.

Tel. +370 37 300 042, faks. +370 37 324 144, el. paštas doktorantura@ktu.lt

Disertacijos santrauka išsiųsta 2016 m. rugsėjo 14 d.

Su disertacija galima susipažinti interneto svetainėje <http://ktu.edu> ir Kauno technologijos universiteto bibliotekoje (K. Donelaičio g. 20, 44239 Kaunas), Klaipėdos universiteto (K. Donelaičio a. 3, 92144 Klaipėda), ir Lietuvos energetikos instituto (Breslaujos g. 3, 44403 Kaunas) bibliotekose.

KAUNAS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY  
KLAILĖDA UNIVERSITY  
LITHUANIAN ENERGY INSTITUTE

SAULIUS ADAMAUSKAS

**TECHNOLOGY ADOPTION INVESTMENT TIMING  
MODEL UNDER MARKET CHANGES**

Summary of Doctoral Dissertation  
Social sciences, Economics (04S)

2016, Kaunas

Doctoral Dissertation was prepared at Kaunas University of Technology, School of Economics and Business, Finance Department in 2012–2016.

**Scientific supervisor:**

Prof. dr. Rytis KRUŠINSKAS (Kaunas University of Technology, Social science, Economics, 04S).

**English Language Editor:**

UAB “Synergium”

**Dissertation Defense Board of Informatics Engineering Science field:**

Prof. dr. Vytautas SNIEŠKA (Kaunas University of Technology, Social science, Economics, 04S) – **chairman**;

Prof. dr. Andrzej BUSZKO (University of Warmia and Mazury in Olsztyn, Social science, Economics, 04S);

Prof. dr. Valdonė DARŠKUVIENĖ (ISM University of Management and Economics, Social science, Economics, 04S);

Prof. dr. Vaida PILINKIENĖ (Kaunas University of Technology, Social science, Economics, 04S);

Prof. dr. Asta VASILIAUSKAITĖ (Kaunas University of Technology, Social science, Economics, 04S).

The public defence of the doctoral dissertation will be held at 13:00 on 14<sup>th</sup> of October, 2016 at a public session of the Board of Economics Science field in the Doctoral Dissertation Defence Hall of Kaunas University of Technology (K. Donelaičio str. 73 – 403, Kaunas).

Adress: K. Donelaičio str. 73, LT-44249, Kaunas, Lithuania.

Phone: (+370 37) 300042, fax: (+370 37) 324144, email: doktorantura@ktu.lt.

The summary of the Doctoral Dissertation was sent on 14<sup>th</sup> of September, 2016.

The doctoral dissertation is available on the internet <http://ktu.edu> and at the libraries of Kaunas University of Technology (K. Donelaičio st. 20, 44239 Kaunas, Lithuania), Klaipėda University (K. Donelaičio a. 3, 92144 Klaipėda), Lithuanian Energy Institute (Breslaujos st. 3, 44403 Kaunas).

## PAGRINDINĖS SĄVOKOS IR SANTRUMPOS

**5G** – būsima penktosios kartos (angl. *fifth generation*) belaidžio ryšio mobilioji technologija, veikianti IEEE 802.11ac standartu. 5G technologija pasižymės gerokai didesne duomenų perdavimo greitaveika, tinklo aprėptimi nei esama 4G karta. Planuojama, jog 5G veiks 5 GHz signalo diapazone ir perduos duomenis didesne nei 1 Gb/s sparta;

**CAPEX** – įmonės kapitalo technologinės investicijos (angl. *capital expenditure*), skirtos įsigyti arba atnaujinti ilgalaikiam turtui (įrangai, pastatams, infrastruktūrai ir pan.). Dažniausiai apskaitoje traktuojama kaip palaikomosios ir naujos investicijos, didinančios turto vertę;

**FCF** – laisvieji pinigų srautai (angl. *free cash flow*);

**GBM** – geometrinis Brauno judėjimo modelis, paremtas Monte Karlo metodu.

**HP** – Hodricko ir Prescottto filtras;

**MARPU** – vidutinės rinkos vartotojui tenkančios pajamos (angl. *average market revenue per subscriber*);

**MTTP** – moksliniai tyrimai ir technologinė plėtra (angl. *research and development, R&D*);

**NPV** – grynoji dabartinė vertė (angl. *net present value*);

**Pajamos (angl. *revenue*)** – pasirinktoje geografinėje zonoje veikiančių įmonių pajamos;

**Plateau** – gyvavimo ciklo piko;

**ROCE** – įmonės kapitalo investicijų grąža (angl. *return on capital employed*);

**S&T** – mokslas ir technologijos (angl. *science and technology*);

**STI** – mokslas, technologijos ir inovacijos (angl. *science, technology and innovations*);

**TAW** – technologijos diegimo laiko langas (angl. *technology adoption time window*). Tai technologijos diegimo laiko momentas, išreikštas metais iki technologijos gyvavimo ciklo piko;

**Vartotojai (angl. *subscribers (wireless subscribers)*)** – pasirinktoje geografinėje zonoje veikiančių įmonių technologija paremtos paslaugos vartotojai.

## IVADAS

### Temos aktualumas

Revoliuciniai pokyčiai rinkoje daro poveikį ekonomikos plėtrai ir jos augimo tempui. Atsitiktiniuose inovacijų procesuose galimi neapibrėžtumai, apimantys naujų technologijų atsiradimą ir vystymąsi, technologinių pokyčių aplinką. Dėl šių priežasčių pastaraisiais dešimtmečiais akademinėje literatūroje ir tyrimuose daug dėmesio skirta technologijų ir jų vystymosi analizei, panaudojimo efektyvumo, investavimo į technologijas laiko parinkimo klausimams vertinti ir verslo bei ekonominės aplinkos integracijai. Technologijos vertinamos kaip tarpdisciplininiai reiškiniai, susiję su įvairiais pramonės, tiekimo grandžių, ekosistemų, socialiniais ir kitais veiksniais. Todėl globalioje ir greitai kintančioje rinkoje konkuruojančios įmonės, kurių veikla paremta technologijomis, priverstos daryti strateginius technologijų valdymo sprendimus. Inovacijų ir technologijų raidos paradigmos tampa neatskiriama globalios ekonomikos raidos proceso dalimi. Tokiu požiūriu šios paradigmos gali būti vertinamos kaip konkurencinis pranašumas. Daugybės skirtingų sektorių, tokių kaip informacinės technologijos, chemija, energetika, medicina, elektronika ar kt., technologijos turi ypatybę greitai kisti, o tai apsunkina raidos prognozes ir riboja investavimo į technologijų naujinius numatymo galimybes. Įmonės, siekiančios išlaikyti ir sustiprinti konkurencingumą, yra priverstos įtraukti technologijų pritaikymo, diegimo, vystymo ir atnaujinimo klausimus į strateginių sprendimų priėmimo procesą. Dėl greitai kintančios aplinkos įmonėms tenka sekti kiekvieną naują inovaciją ar atnaujinamą technologiją, investuoti į rizikingus projektus siekiant nepraleisti galimo technologijų šuolio rinkoje ir vis greičiau įdiegti bei sukومercinti naujas technologijas.

Technologijų atnaujinimas, pakeitimas ar poslinkis yra kompleksiški procesai, susiję su didele organizacinių sistemų, procesų, produktų, paslaugų ar pramonės šakos rizika. Įmonės, siekiančios valdyti su technologijomis susijusią riziką ir taip išlaikyti konkurencingumą, turi įvertinti vidinius išteklius, makroekonominius veiksnius, tokius kaip paklausa, produkto, pramonės ir technologijos gyvavimo ciklus, socialinę aplinką ir pan. Akademinės literatūros analizė rodo, kad investavimo į technologijas ar jų įdiegimo laiko parinkimas yra vienas svarbiausių veiksnių, lemiančių optimalų technologinių pokyčių valdymą siekiant sėkmingai vystyti technologija paremtą produktą ar paslaugą, taip pat išlaikyti konkurencingumą ir finansinį tvarumą. Kai kurie technologijų vadybos sprendimai gali būti įgyvendinami tik po tam tikro laiko dėl kur kas greitesnio technologijų vystymosi už pramonę.

Žvelgiant iš teorinės įmonės finansų valdymo perspektyvos, kiekvienas strateginis sprendimas turi didinti įmonės vertę. Todėl kyla investavimo į technologijas laiko parinkimo problema, kurios sprendimas gali padidinti arba sumažinti konkurencingumą, sukurti papildomą vertę arba sužlugdyti įmonę. Šios problemos sprendimo procesas apima investicijų atsipirkimo tikslų nustatymą,

reaktyvaus verslo modelių kūrimą ir pan. Šie klausimai yra komplikuočiau subrendusiose rinkose, kur modeliuojant paklausą daromos neapibrėžtumo prielaidos, nes konkurencijos lygis yra labai aukštas, o investicijos į technologijas negrįžtamos.

### **Mokslinė problema ir jos ištirtumas**

Yra daug mokslinių darbų, skirtų teoriškai spręsti su technologijų raida susijusioms problemoms. Schonas (1967), Friaras ir Horwitchas (1985), Bohnas (1994), Drejeris (2000), Stockas ir Tatikonda (2000), Perez (2001, 2002, 2009), Jaffe *et al.* (2002), Rogersas (2003, 2010), Irlandas ir Webbas (2007), Rothaermelis (2008), Heffneris ir Sharifas (2008), Kaplan ir Tripsas (2008), Tanas *et al.* (2009) sukūrė fundamentalų teorinių bei praktinių tyrimų pagrindą ir etaloną. Tarp žinomų autorių, tęsiančių technologijų pokyčių aplinkos analizę, yra Jones'as (2005), Mokyras (2005), Crabtree (2006), Grossmannas ir Stegeris (2007), Teixeira (2012), Gorodnichenkas ir Schnitzer (2013) ir kiti. Jie analizavo pagrindinius ekonomikos augimo ir vystymosi šaltinius akcentuodami technologijų sritis ir galimybes optimaliai jas pasirinkti.

Akademinėje literatūroje įžvalgų apie ekonomikos procesų gyvavimo ciklus pateikė Urbanas ir Hauseris (1993), Nito *et al.* (1998), Aitkenas *et al.* (2003), Foxonas (2003), Werker (2003), Chanas *et al.* (2006), Murmannas ir Frenkenas (2006), Halsnæs *et al.* (2007), Hauptas *et al.* (2007), Hsueh (2011), Verganti (2011), Taylor ir Tayloras (2012), Polas (2012), Shahmarichatghieh *et al.* (2015), Lobelis *et al.* (2015) ir kiti.

Technologijų diegimo laiko parinkimo sprendimai rinkoje apima daugiadisciplinius strateginio valdymo klausimus. Ypač dažnai minima investavimo į technologijas sąvoka pastaraisiais metais mokslinėje literatūroje pabrėžiama Krušinsko ir Vasiliauskaitės (2005), Krušinsko (2008), Moono (2010) Wongo (2010, 2011), Henderson (2010), Butlerio *et al.* (2011), Svensson *et al.* (2011), Yagi ir Takashimos (2012), Boltono *et al.* (2013), Chou *et al.* (2014), Hagspiel *et al.* (2015) ir kitų.

Akademinėje literatūroje vertinama daug veiksnių, sukeliančių technologinius pokyčius. Pasak Elliso ir Shpielberg (2003), Chamberso (2004), Vasauskaitės (2013), veiksniai, darantys įtaką sprendimų priėmimo procesui, yra mobili gamyba, greita technologijų raida, nuolatinė geriausio kainos ir kokybės santykio paieška, prisotintos rinkos, investicijų ir rinkų globalizacija, rinkų fragmentacija ir trumpesnis technologinių monopolijų gyvavimo laikas. Kaip nurodo Chenas ir Ma (2014), dauguma investavimo į technologijas literatūros autorių nagrinėja šią temą iš psichologija grindžiamo naujų technologijų priimtumo atskiriems vartotojams ar organizacijoms pozicijų.

Šiandienėje intensyviai besivystančių technologijų ekonomikoje įmonėms kyla užduotis išlaikyti konkurencingumą ir pasiūlyti vartotojams nenutrūkstamą naujausiomis technologijomis grindžiamų produktų ar paslaugų liniją, todėl



technologiskai intensyvioje pramonėje investicijos į naujų technologijų diegimą yra neišvengiamos. Metodai, leidžiantys įvertinti investavimo į technologijas laiko parinkimą ir konkurencingumą, buvo analizuojami Scarso (1996), Davido *et al.* (2001), Krishnano ir Locho (2005), Kor (2006), Bouiso, Huismano ir Korto (2006), Pertile (2007), Bhaskarano ir Ramachandrano (2011), Jakšić ir Jakšić (2012), Martinezo (2013), Hori ir Osano (2013), Biagini *et al.* (2014) ir kitų. Šie autoriai didžiausią dėmesį skyrė technologinių inovacijų sampratai, jų efektyviems modeliams skirtingose pramonės srityse ir vertės kūrimo įmonėse aspektams.

Tarp daugybės investavimo į technologijas laiko nustatymo tyrėjų skirtingus valdymo sprendimų palaikymo modelius nagrinėjo Bar-Hanas, Maimonas (1993), Benarochas ir Kauffmanas (1999), Krušinskas ir Vasiliauskaitė (2005), Kamarianakis ir Xepapadeasas (2006), Mukherji *et al.* (2006), Ngwenyama *et al.* (2007), Huangas ir Da (2007), Wickartas ir Madleneris (2007), Pertile (2007), Wongas (2010, 2011), Moonas (2010), Henderson (2010), Shibata ir Nishihara (2011), Whalley (2011), Yagi ir Takashima (2012), Boltonas *et al.* (2013), Wongas ir Yi (2013), Nishihata ir Shibata (2013), Feilas ir Musshoffas (2013), Kimas *et al.* (2014), Jeonas ir Nishihara (2014) ir kiti.

Bendrai vertinant, tyrimai, technologijų vystymas ir inovacijos padeda įmonėms didinti produktyvumą sukuriant naujus produktus, juos tobulinant ar sumažinant esamas sąnaudas. Be to, mokslas, technologijos ir inovacijos veikia visuomenę ir jos raidos lygį, padidindami BVP, sukurdami ir (ar) optimizuodami darbo vietas, pagerindami šalies įvaizdį, palyginti su kitomis šalimis, sukurdami tinkamą aplinką kitam verslui, nuo kurio šis ratas prasideda iš naujo. Tyrimai, vystymas ir inovacijos gali daryti teigiamą pašalinį poveikį kitoms įmonėms, sektoriams, šalims, o tai svarbu šalies ekonomikos raidai. Technologinės inovacijos yra mokslinių tyrimų ir technologinės plėtros (MTTP) bei verslumo dimensijos sąveikos rezultatas, atsirandantis žinias kuriančių organizacijų tinkluose. Tai rodo didėjančią investavimo į technologijas laiko parinkimo, rinkodaros, kokybės vadybos ir kitų veiksnių svarbą. Dėl šių priežasčių svarbu nustatyti įmonės ir aplinkos sąlygas, būtinas mokslui, technologijoms ir MTTP veikloms palaikyti. Taip pat svarbu nustatyti, iširti ir išvystyti įmonės pajėgumą ir unikalų išteklių rinkinius, kurie leistų pasinaudoti aplinkos teikiamomis galimybėmis ir išvengti vidinio įmonės ribojimo. Atlikus mokslinės literatūros analizę, galima teigti, kad trūksta fundamentalių ir praktinių tyrimų, kuriuose būtų nagrinėjami investavimo į technologijas laiko pasirinkimo vertinimo modeliai, sąveika tarp rinkos paklausos pokyčius lemiančios vartotojų elgsenos, technologijų raidos veikiamų įmonių strateginių sprendimų ir investavimo į technologijas vertinimo. Visos šios sritys yra tarpusavyje susijusios ir turėtų būti analizuojamos kartu.

Apžvelgus akademinę literatūrą, suformuluota **mokslinė problema** – kaip kompleksiškai įvertinti rinkoje konkuruojančių įmonių investavimo į technologijas rinkos sąlygomis laiko pasirinkimą.

**Tyrimo objektas** yra investavimo į technologijas laiko parinkimo procesas.

**Tyrimo tikslas** yra parengti kompleksinį technologijų diegimo laiko parinkimo vertinimo modelį.

### **Tyrimo uždaviniai**

Disertacijos tikslui pasiekti suformuluoti šie uždaviniai:

1. Išnagrinėti skirtingas technologijų sampratas, pabrėžiant technologijų svarbą ekonomikos raidai.
2. Apžvelgti investavimo į technologijas laiko parinkimo sampratą paklausos neapibrėžtumo įvertinimo ir technologijų gyvavimo ciklo nustatymo aspektais.
3. Sudaryti investavimo į technologijas laiko parinkimo modelį.
4. Atlikti empirinį investavimo į technologijas laiko parinkimo modelio pritaikymo tyrimą.

### **Tyrimo metodai**

Disertacijoje taikomi metodai:

1. Naujų technologijų diegimo procesai įmonėje išnagrinėti atliekant sisteminę ir lyginamąją mokslinėje literatūroje pateikiamų sampratų, metodikų ir išvadų analizę.
2. Prognozuoti paklausos svyravimui numatomu laikotarpiu buvo panaudotas geometrinis Brauno judėjimo modelis, paremtas Monte Karlo metodu.
3. Technologijų gyvavimo ciklui nustatyti pasitelktas Hodricko ir Prescottto filtras.
4. Tariant modelio pritaikomumą buvo taikomi matematiniai ir statistiniai duomenų analizės metodai naudojant programas *STATISTICA*, *E-views 6* ir *Microsoft Excel*.

### **Tyrimo struktūra**

Loginę tyrimo struktūrą lėmė tyrimo tikslui pasiekti skirtų uždavinių sprendimo seka, atsispindinti trijose darbo dalyse:

*Pirmojoje dalyje* apibrėžiama investavimo į technologijas vertinimo aplinkos samprata; apžvelgiama technologijų sąvokos ir apibrėžties kaita bėgant laikui; paaiškinamos pagrindinės ir bendrosios technologijų, technologijų kaitos ir poveikio ekonomikos augimui sąvokos, taip pat apibrėžiamos produkto, pramonės šakos ir technologijų gyvavimo ciklo sąvokos ir apibūdinamos technologijų gyvavimo ciklo stadijos. Tarp pagrindinių veiksnių, sukeliančių technologijų kaitą, yra išskiriama technologijų gyvavimo ciklo koncepcija ir investavimo į

technologijas laiko parinkimo valdymas. Analizuojama investavimo į technologijas laiko parinkimo sampratos svarba. Ekonomika išreiškiama kaip paklausos ar pasiūlos kompleksiško kombinacija, vertinant technologijų pokyčio aspektais, siekiant nustatyti geriausią galimą laiką investuoti. Šie klausimai verčia nagrinėti paklausą, taip pat veiksnius, išreiškiančius paklausos neapibrėžtumą, ir netgi galimus ateities paklausos pokyčius dėl technologijų kaitos, kitaip tariant, atliekama produkto ar paslaugos paklausos istorinė analizė, įvertinant paklausos kitimo trajektorijas. Apžvelgiami investavimo į technologijas laiko parinkimo vertinimo ir konkurencingumo metodai, teoriškai apibrėžiant mokslo bei technologijų žiniomis grįstą įmonę ir jos vertinimo rodiklius. Galiausiai apibūdinamas investavimo į technologijas sprendimų priėmimo procesas veikiant neapibrėžtos rinkos sąlygomis.

*Antrojoje dalyje* sudaromas kompleksinis technologijų diegimo laiko parinkimo vertinimo modelis. Pateikiama ir nuodugniai analizuojama modelio struktūra ir jo struktūriniai elementai. Pristatomi akademinės literatūros apžvalgos rezultatai, susiję su vertinimo palaikymo modelių, skirtų investavimo į technologijas laikui parinkti, dalimis, kintamaisiais, metodikomis ir procesais. Pagrindinės modelio stadijos yra: (I) retrospektyvioji paklausos trajektorijų analizė; (II) duomenų validumo statistinis tikrinimas; (III) duomenų masyvo prognozė taikant geometrinį Brauno judėjimo modelį, paremtą Monte Karlo metodu; (IV) technologijos gyvavimo ciklo nustatymas naudojant Hodricko ir Prescottto filtrą; (V) technologijos diegimo laiko lango nustatymas; (VI) įmonės vertės (NPV) apskaičiavimas remiantis laisvųjų pinigų srautų pokyčiais.

*Trečiojoje dalyje* suformuluojama modelio, parengto antrojoje disertacijos dalyje, empirinio pritaikymo atsirandančiai 5G mobilijai technologijai, metodika. Mobilijų tinklų rinka, 5G kartos mobiliosios technologijos ir jų ypatybės yra analizuojami laikotarpiu nuo 2005 m. ketvirtojo ketvirčio iki 2014 m. ketvirtojo ketvirčio; nustatomos vidutinės rinkos pajamos ir mobilijų technologijų vartotojų skaičiaus dinamika, taikomi statistiniai duomenų validumo testai; rinkos pajamų, vartotojų skaičiaus ir vidutinių pajamų iš vieno vartotojo dinamikos prognozė atliekama naudojant geometrinį Brauno judėjimo modelį, paremtą Monte Karlo metodu, ateinantiems dešimčiai metų; naudojant Hodricko ir Prescottto filtrą įvertinamas mobilijų technologijų gyvavimo ciklas ir nustatomas 5G technologijų gyvavimo ciklo pikas 2024 metais; pasirinktiems 18 konkuruojančių mobiliojo ryšio paslaugų teikėjų (visos įmonės veikia Europos rinkoje) nustatomas technologijų diegimo langas; analizuojama sprendimo vertė, išreikšta grynosios dabartinės vertės skaičiavimu remiantis laisvųjų pinigų srautų pokyčiais; įmonės grupuojamos atsižvelgiant į investavimo į technologijas strateginių sprendimų vaidmenis su jų numatomais finansiniais rodikliais. Pasirinktos įmonės laikomos pagrįstomis mokslu ir technologijų žinioms, todėl, sėkmingai pritaikius sudarytą modelį, tyrimų rezultatai leidžia išryškinti investuotojų į technologijas grupių strateginius vaidmenis su specifinėmis finansinėmis charakteristikomis ir nustatyti

technologijų diegimo laiko langus. Investavimo į technologijas laiko langas konkuruojantiems rinkos dalyviams, atsižvelgiant į tikėtiną pagrindinių išteklių gyvavimo ciklą, numatomas 4,3–10,5 metų prieš technologijų gyvavimo ciklo piko momentą 2024 metais. Pagrindinių išteklių gyvavimo ciklas buvo numatytas vertinant įmonių vertės ir rinkos kapitalizacijos santykį, sumodeliuotą naudojant 10 metų laikotarpio kapitalo investicijų gražos santykius. Remiantis rezultatais, sukurtas mobiliųjų technologijų kaitos planas, skirtas pereiti nuo 4G prie 5G technologijos. Tyrimo rezultatai taip pat leidžia daryti apibendrinamąsias išvagas apie mobiliojo ryšio įmonių gyvavimo ciklą, atsižvelgiant į tikėtiną pagrindinių išteklių gyvavimo ciklą.

### **Tyrimo naujumas ir praktinė reikšmė**

1. Pabrėžiama ir apibūdinama investavimo į technologijas laiko parinkimo svarba. Akademinėje literatūroje nustatyta tarpdisciplininių kompleksinių investavimo į technologijas laiko parinkimo modelių stoka.
2. Nustatyta ir susisteminta investavimo į technologijų diegimą struktūra ir veiksniai, apimant tiek įmonės vidinius finansinius rodiklius, tiek rinkos aplinkos aspektus, tokius kaip paklausa, kuri apibūdinama bendru mobiliųjų paslaugų vartotojų skaičiumi, rinkos pajamomis ir išvestiniu jų dydžiu – vidutinėmis rinkos pajamomis vienam vartotojui. Šių specifinių rodiklių būtinybė yra nustatoma atliekant investavimo į technologijas efektyvumo vertinimą rinkos sąlygomis.
3. Sukurtas naujas kompleksinis technologijų diegimo laiko parinkimo vertinimo modelis, kurį sudaro susijusios daugiadisciplinės dalys: strateginių sprendimų priėmimo procesas, investavimo į technologijas vertinimas ir makroekonominių rodiklių esant neapibrėžtumo sąlygoms modeliavimas.
4. Sukurtas modelis buvo empiriškai patikrintas brandžioje rinkoje pasirenkant investavimo į 5G mobiliąsias technologijas laiką, įvertinant procesą, kuris prasideda rinkos analize, technologijų gyvavimo ciklo apibrėžimu, tarpusavyje konkuruojančių įmonių vidiniais finansiniais ištekliais ir strateginių investuotojų vaidmenų su jiemis būdingais finansiniais parametrais nustatymu. Pabrėžiamas modelio universalumas ir pritaikomumas kitoms technologijoms sėkmingai diegti pakeičiant ir pritaikant modelio parametrus pagal specifinius technologijų, įmonės finansinius ar rinkos duomenis.

## TURINYS

<b>LENTELIŲ SĄRAŠAS.....</b>	<b>6</b>
<b>PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS.....</b>	<b>7</b>
<b>TERMINŲ ŽODYNĖLIS.....</b>	<b>9</b>
<b>ĮVADAS.....</b>	<b>10</b>
<b>1. TECHNOLOGINĖS APLINKOS VERTINIMO INVESTAVIMO POŽIŪRIU TEORINĖS KONCEPCIJOS IR YPATYBĖS.....</b>	<b>16</b>
1.1. Mokslu ir technologinėmis žiniomis grįstų įmonių strateginių valdymo sprendimų ir technologinių inovacijų strategijos apibrėžimas.....	16
1.2. Produkto, pramonės šakos, technologijų gyvavimo ciklą ir jų stadijų apibrėžimas.....	21
1.3. Investavimo į technologijų diegimą laiko parinkimo valdymo sprendimai.....	27
1.4. Investavimo į technologijas laiko parinkimo vertinimo įmonės investavimo į technologijas srategijos pasirinkimo aspektu metodai.....	31
<b>2. KOMPLEKSINIS TECHNOLOGIJŲ DIEGIMO LAIKO PARINKIMO VERTINIMO MODELIS.....</b>	<b>38</b>
2.1. Retrospektyvioji paklausos trajektorijos analizė ir duomenų validumo statistinis tikrinimas.....	38
2.2. Duomenų masyvo prognozavimas taikant geometrinį Brauno judėjimo metodą, pagrįstą Monte Karlo modeliavimu .....	41
2.3. Technologijų gyvavimo ciklo nustatymas naudojant Hodricko ir Prescottto filtrą .....	47
2.4. Investavimo į technologijas laiko lango nustatymas .....	50
2.4. Įmonių vertės apskaičiavimas remiantis laisvųjų pinigų srautų pokyčiais.....	53
2.5. Kompleksinio technologijų diegimo laiko parinkimo vertinimo modelio struktūra.....	56
<b>KOMPLEKSINIO TECHNOLOGIJŲ DIEGIMO LAIKO PARINKIMO VERTINIMO MODELIO PRITAIKOMUMO TYRIMAS</b>	
3.1. Technologijų parinkimo kaitos aplinka .....	61
3.2. Modelio pritaikomumo tyrimo procesų parametrizavimas ir ypatybės ...	63
3.3. Modelio pritaikomumo tyrimas .....	65
3.4. Modelio pritaikomumo tyrimo rezultatų apibendrinimas ir interpretavimas .....	84
<b>IŠVADOS.....</b>	<b>90</b>
<b>LITERATŪRA.....</b>	<b>94</b>
<b>MOKSLO PUBLIKACIJŲ DISERTACIJOS TEMA SĄRAŠAS.....</b>	<b>105</b>
<b>PRIEDAI.....</b>	<b>106</b>

Nustatyti ateities technologijų paklausos ar net jų diegimo sėkmės neįmanoma iš dalies dėl technologijų diegimo sprendimų procesui reikalingo laiko, todėl investavimo laiko parinkimo sprendimų valdymas yra vertinamas sukuriant kompleksinį modelį, pagrįstą matematiniais skaičiavimais, verslo supratimu ir parametrais, kurie gali atskleisti ir patvirtinti modelio taikymo rezultatus įmonių strateginių valdymo sprendimų kontekste. Šios disertacijos tikslas yra keleriopas. Pirmiausia nuolatinė mobiliųjų technologijų kaita, didelio greičio mobiliojo (belaidžio) interneto naudingumas (ypač esant mažoms energijos sąnaudoms) verčia telekomunikacijų bendroves konkuruoti siekiant patenkinti tinklų poreikius. Kita vertus, investicijų grąža turi būti pakankama aukštųjų technologijų mobiliojo ryšio įmonėms.

Mobiliųjų paslaugų rinkos pajamų istorinės paklausos trajektorijos, tiesiogiai susijusios su mobiliųjų technologijų kartomis, yra apibrėžiamos bent 30 ketvirčių laiko eilutėje. Disertacijoje daroma prielaida, kad paklausos kintamumas priklauso nuo dviejų parametru – vidutinių rinkos pajamų ir vartotojų skaičiaus. Po istorinės parametru dinamikos ir augimo greičio analizės vertinami nestandartiniai įvykiai (jei tokių yra), siekiant rasti rinkai neįprastus pokyčius. Mobiliųjų technologijų skvarba vertinama siekiant suprasti belaidžių mobiliųjų paslaugų įsiskverbimą pasirinktoje rinkoje. Pabrėžtina, kad mobiliųjų paslaugų rinkos pajamos ir paslaugų vartotojų skaičius yra traktuojami kaip sisteminiai kompleksinio modelio parametrai paklausos neapibrėžtumui įvertinti. Šie duomenų masyvai, apimantys mobiliųjų technologijų rinkos pajamas ir jos vartotojų skaičių, vertinami statistinio duomenų validumo testais siekiant patvirtinti jų reprezentatyvumą ir galimybę juos naudoti paklausos prognozavimo stadijoje. Brockwello ir Daviso (2002), Liang (2003), Watteel-Sprague (2000), Marathe ir Sarah (2005), Hui (2012), Chou *et al.* (2014) teigimu, siekiant užtikrinti duomenų masyvų statistinį patikimumą naudojant chaoso teorijomis pagrįstą geometrinį Brauno judėjimo modelį, siūlo šiuos testus: Dickey'io ir Fullerio testą, Q-Q brėžinius, autokoreliacijos testą ir Kolmogorovo ir Smirnovo testą.

Nuolatinės technologijų kaitos aplinkoje įmonės paprastai susiduria su technologijų atnaujinimo ar diegimo sprendimų iššūkiais – investuoti į naujas technologijas ar ne. Įmonėms reikia suprasti, kada yra tinkamiausias laikas tokiems sprendimams, siekiant išlaikyti konkurencingumą, sukurti didžiausią galimą vertę ir pasiekti trumpiausią investicijų atsipirkimo laiką. Analizuojant informacinių technologijų atnaujinimo laiko parinkimo tematiką, Mukherji *et al.* (2006) teigimu, paprastai tik keletas įmonių atnaujinama ar diegia naujas versijas ar naujas technologijų kartas kiekvieną kartą, kai šios atnaujinamos ar yra sukuriamos ir atsiranda rinkose; dažniausiai yra peršokama prie vėlesnės versijos diegimo. Nuolat investuoti į tokias technologijas gali būti santykinai brangu. Autoriai pažymi, kad dažnai investuoti į technologinius naujinius yra brangu ir kartu rizikinga, tačiau per ilgai laukdama organizacija rizikuoja prarasti

pionieriaus pranašumus, susijusius su konkurencingų produktų ir paslaugų sukūrimu ir vystymu.

Iš daugybės technologijų diegimo laiko parinkimo tyrimų gali būti išskiriami keli sprendimų palaikymo modeliai. Bar-Hanas, Maimonas (1993), Kamarianakis ir Xepapadeasas (2006), Mukherji *et al.* (2006) siūlo pritaikyti dinaminis impulsų kontrolės modelius (tokius kaip Blacko ir Scholes'o) siekiant nustatyti sprendimų priėmimo intervalus; Benarochas ir Kauffmanas (1999) taikė pasirinkimo galimybe paremtos kainodaros modelį, kuriame įmonė gauna sprendimui priimti reikiamą informaciją, tačiau nevertina vertės ar sąnaudų, su kuriomis susidurs. Krušinskas ir Vasiliauskaitė (2005) analizavo matematinį technologijų diegimo sprendimų priėmimo modelio taikymą siekiant padidinti įmonės vertę per technologijų efektyvumo parametrus, tačiau nevertino makroekonominės aplinkos poveikio. Ngwenyama *et al.* (2007) siūlo taikyti mokymosi kreivės metodą, kuris galėtų maksimizuoti produktyvumą. Feilas ir Musshoffas (2013), analizuodami grynosios dabartinės vertės (NPV) lankstumą, praplėstą realiųjų pasirinkimo sandorių aspektu, pastebėjo, jog negrįžtamosios lėšos turi būti investuojamos tik jei laukiamos gražos grynoji dabartinė vertė viršija technologijos diegimo sąnaudas (šiuo atveju investavimo slenkstis yra pastumiamas aukštin). O Wongas (2010) analizavo abu variantus – investavimo ir pasitraukimo tuo pačiu metu (investavimo slenkstis, jei firma nėra investavusi, ir pasitraukimo, jei firma yra investavusi). Jeonas and Nishihara (2014) siūlo abipusį investavimo sprendimų palaikymo modelį įtraukiant makroekonominės aplinkos sąlygas, paremtas optimaliu difuzijos režimu perjungimu. Autoriai taikė Markovo grandinės metodiką ir vertino verslo ciklo svyravimus su papildomais investavimo ar pasitraukimo trigeriais, lemiamais kiekvienos stadijos vidinių sąlygų. Huangas ir Da (2007), Wickartas ir Madleneris (2007) taikė geometrinį Brauno judėjimo procesą optimaliam laiko parinkimui sprendimų palaikymo modelyje, siekdami nustatyti energijos kainos pokyčius. Pertile (2007) pritaikė realiųjų pasirinkimo sandorių požiūrį per geometrinį Brauno judėjimo (GBM) procesą tirdamas tinkamiausio laiko investuoti į naujas technologijas pasirinkimą tarp sveikatos priežiūros paslaugų teikėjų, konkuruojančių dėl pacientų, ir alternatyvių diegimo sprendimų mokėjimo sistemų. Modeliuodamas būsimą įmonės pelno srautą Moonas (2010) naudojo GBM, nes būsimą pelno dydį yra sunku stebėti ir šis dydis turi neapibrėžtumo aspektą. Wongas (2010, 2011), Shibata ir Nishihara (2011), Whalley (2011), Wongas ir Yi (2013), Kim *et al.* (2014) pasitelkė GBM atsitiktiniams grynujų pinigų srautų investavimo matavimams ir projekto vertei prognozuoti. Henderson (2010) GBM taikė investicijų gražai prognozuoti investavimo laiko pasirinkimo kontekste. Yagi ir Takashima (2012), naudodami GBM įrankius, vertino paklausos šokų neapibrėžtumą. O Boltonas *et al.* (2013) naudojo standartinį Brauno judėjimo modelį kapitalo kainos ir investavimo dydžio analizei įmonėms, susiduriančioms su tikimybinėmis finansinėmis sąlygomis rinkos kontekste. Nishihata ir Shibata

(2013) geometrinį Brauno judėjimo modelį taikė projekto rezultatų kainai skaičiuoti.

Literatūros analizė rodo, kad anksčiau buvo sukurta daug modelių, skirtų įmonės vidinio pajėgumo išsiplėtimui (pvz., Abelis ir Eby (1996), Danglas (1999), Bøckmanas *et al.* (2008), Chou *et al.* (2014)) ir galimybėms diegti naujas technologijas įvertinti. Vėliau autoriai pradėjo derinti makroekonominis veiksniai ir sieti juos tarpusavyje sprendimo proceso kontekste. Kaip pažymėjo Jeonas ir Nishihara (2014), investavimo aplinka dažnai kinta dėl egzogeninių sukrėtimų, tokių kaip verslo gyvavimo ciklai, kurie veikia įmonės pasirinkimų įgyvendinimo galimybes. Geometrinis Brauno judėjimo procesas, paremtas Monte Karlo metodu, leidžia nustatyti pasirinktos rinkos pajamų ir vartotojų skaičiaus dydžius ateityje. Kitaip tariant, pirmiausia reikia suprojektuoti paklausą apibūdinančių veiksnių ateities pokyčius, remiantis chaoso teorija, šiuo atveju GBM, kuri leidžia suformuoti neapibrėžtumu grįstą aplinką. Atliekama paklausą apibūdinančių veiksnių retrospektyvioji duomenų analizė, įvertinamas statistinis duomenų reprezentatyvumas ir tinkamumas naudoti GBM modelyje ir tokiu būdu sukuriamos laiko eilutės su retrospektyviais ir būsimais projektuojamais parametru pokyčiais, kurių reikia technologijos gyvavimo ciklui nustatyti.

Sorensenas (2011) pristatė technologijų diegimo ir jų gyvavimo ciklų analizės tyrimus. Autorius rėmėsi gerai žinoma Rogerso (2003) *S* kreivės inovacijų ir investavimo strategijų difuzija. Tyrimai parodė, kad investuotojai linkę įdiegti naujas technologijas skirtingu greičiu. Jų santykinis diegimo greitis gali būti vaizduojamas kaip normalusis skirstinys, kurio pagrindas yra individo psichologinės nuostatos dėl naujų idėjų. Skiriamos penkios galimos įmonių grupės pagal technologijos diegimo greitį laiko kontekste: inovatoriai, ankstyvieji diegėjai, ankstyvoji dauguma, vėlyvoji dauguma, atsiliekantieji.

Kompleksinio technologijoms diegti tinkamiausio laiko parinkimo vertinimo modelio tikslas yra nustatyti investavimo į technologiją laiko langą, kuris leistų įmonei pasiekti didžiausią vertę ir konkurencinį pranašumą. Kitaip tariant, dėl skirtingos ir nuolat kintančios technologijų gyvavimo ciklo aplinkos produktas ar paslauga, pagrįsta ta technologija, turi atskirą gyvavimo ciklą. Laiko požiūriu šie du gyvavimo ciklai skiriasi vienas nuo kito ir technologijų diegimo, kapitalo investicijų, papildomų pajamų iš naujų ar technologiskai atnaujintų produktų ir (ar) paslaugų bei visos (pridėtinės) įmonės vertės sukūrimo kontekste reikalauja skirtingų vadybinių sprendimų kintančios ekonomikos atžvilgiu. Atlikus aibę matematinių skaičiavimų siekiant nustatyti investavimo į technologijas laiko langą, nuspręsta įvertinti technologijų gyvavimo ciklą ir nustatyti technologijų diegimo laiko lango sampratą tokiu būdu:

- Technologijos diegimo laiko langas – momentas laiko skalėje, kai įmonė pradeda diegti naują technologiją ar jos naujinį. Tai yra nuo šio momento įmonė papildomai investuos lėšų kompiuterinei įrangai, kompiuterinėms programoms, licencijoms įsigyti, reikiamai informacijai



rinkti, darbuotojų kompetencijai tobulinti, technologinei infrastruktūrai kurti ir kitoms su naujos technologijos diegimu susijusioms reikmėms.

- Pajamos iš naujų produktų ir (ar) paslaugų, sukurtų naudojantis naujomis (atnaujintomis) technologijomis, – momentas laiko skalėje, kai įmonė iš investicijų pradeda uždirbti pajamų parduodama naujus produktus ir (ar) paslaugas. Laikotarpiu nuo anksčiau minėto iki šio momento įmonė susidūrė tik su finansinėmis sąnaudomis ir kapitalo investicijomis. Šis momentas svarbus projekto ar įmonės vertės kūrimo procese, nes nuo pajamų kiekio priklauso, ar sprendimas bus pelningas, ar ne.

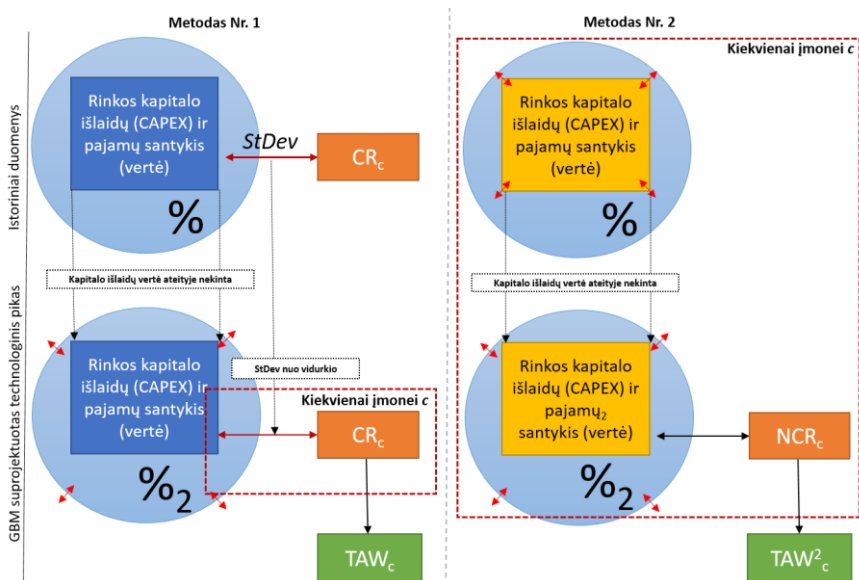
- Technologijos gyvavimo ciklo piko momentas – momentas laiko skalėje, kai technologijų gyvavimo ciklas pasiekia aukščiausią poziciją. Įmonės, įdiegusios naujas technologijas (jų naujinius) anksčiau, uždirbs didesnes nei vidutinės pajamas iš produktų ar paslaugų. Būtent šios įmonės turės didesnę konkurencinį pranašumą, palyginti su tomis, kurios peršoka naujas technologijas (jų atnaujinimą) ar vis dar laukia (vėlyvosios daugumos ar atsiliekančiųjų kategorijos). Žvelgiant iš finansinės perspektyvos, pelningumas, kurį kuria technologijomis pagrįsti produktai ir (ar) paslaugos, turėtų būti vertinamas kaip priimtinos investavimo rizikos skirtumas. Šiuo momentu yra nustatomi ekonominio sektoriaus lyderiai, taip pat sekėjai, be to, visi investavimo laiko pasirinkimo sprendimai nebeduoda papildomos vertės įmonėms, nes nauja (atnaujinta) technologija jau yra rinkoje ir įmonės negali gauti ankstyvojo diegimo rizikos atlygio. Po šio momento produkto ir (ar) paslaugos pelningumas tampa panašus į vidutinį rinkos pelningumą arba yra dar mažesnis. Akivaizdu, kad po šio momento pradedamas planuoti naujų technologijų ar naujinių diegimas.

Vertinant prieš tai minėtus žingsnius ar laiko momentus, technologijų diegimo laiko langas turėtų būti skaičiuojamas atgal nuo būsimo technologijų gyvavimo ciklo piko. Šiuo požiūriu visos rinkoje konkuruojančios įmonės vertinamos kaip lygiavertės technologijos gyvavimo ciklo aplinkoje. Tokia prieiga leidžia palyginti skirtingus rinkos dalyvius, turinčius tą pačią technologijų taikymo, diegimo, vystymosi ir pan. informaciją. Be to, atsižvelgiant į investavimo laiko lango pasirinkimo kontekstą, rinkos dalyviams galima suskirstyti į lyderius (inovatorius) ar sekėjus. Taip pat ši prieiga leidžia apskaičiuoti įmonės vertės pokyčius. Vadinas, sukurtas kompleksinis technologijoms diegti tinkamiausio laiko parinkimo vertinimo modelis ne padeda įvertinti rinkos dalyvius, kaip tam tikrus sprendimų priėmimo kategorijų atstovus, kuriems būdingi specifiniai investavimo į technologijas laiko parinkimo sprendimai, o leidžia įvertinti konkuruojančių įmonių investavimo į technologijas laiko parinkimo vadybinius sprendimus tame pačiame sukonstruotame technologijų gyvavimo cikle, kitaip tariant, neapibrėžtumo sąlygomis sukurtoje fiksuotoje paklausoje.

Pagal modelio seką technologijos gyvavimo ciklas nustatomas naudojant Hodricko ir Prescottto filtrą ir istorinius technologijos kartų vystymosi duomenis.

Kaip teigė Flaigas (2012), Jongas ir Sakarya (2015), Hodricko ir Prescottto filtras yra dažnai makroekonomikoje taikomas įrankis; jis naudojamas išskirti tendencijoms laiko sekose. Pasak Harvey'io ir Trimburgo (2003), Hodricko ir Prescottto filtras yra matematinis įrankis, kuris gali būti naudojamas makroekonomikoje apibrėžti realaus ekonominio ciklo komponentų svyravimams tam tikroje laiko sekoje.

Apibrėžus technologijų gyvavimo ciklo laiko parametrus, pagal prieinamus finansinius duomenis skaičiuojamas technologijos diegimo laiko langas kiekvienam paslaugos teikėjui (rinkos dalyviui). Įvertinus paklausos trajektoriją ir technologijų gyvavimo ciklo svyravimus, technologijų diegimo laiko langas rinkos dalyviams skaičiuojamas atsižvelgiant į įmonės kapitalo technologinių investicijų (CAPEX) atsipirkimo terminą. Šiuo atveju sukurti du metodai (žr. 1 pav.).



1 pav. Technologijų diegimo laiko lango nustatymo metodų grafinis vaizdas

### Metodas Nr.1.

Vidutinis rinkos kapitalo technologinių investicijų (CAPEX) ir pajamų santykis apskaičiuojamas darant prielaidą, kad jis bus lygus vidutiniam pasirinktų įmonių santykiui. Antra, kiekvienai įmonei apskaičiuojami nuokrypiai nuo vidutinio rinkos dydžio (nuokrypiai nuo vidurkio). Taip pat svarbu paminėti absoliučiąją rinkos kapitalo technologinių investicijų vertę, kuri yra apskaičiuojama eurais kaip santykis nuo rinkos pardavimo pajamų. Šioje stadijoje

daroma prielaida, kad rinkos dalyviai technologijos gyvavimo ciklo brandos periodu nedidins esamo kapitalo technologinių investicijų lygio, todėl yra įmanoma apskaičiuoti absoliutųjį šių investicijų dydį technologijų gyvavimo ciklo piko momentu. Toliau panaudojami skaičiavimo rezultatai iš ankstesnių modelio dalių – rinkos pajamos (apskaičiuotos geometrinio Brauno judėjimo modeliu, paremtu Monte Karlo metodu) technologijų gyvavimo ciklo piko metu, nustatyti ankstesnių mobiliųjų technologijų kartų gyvavimo ciklo pokyčiai ir Hodricko ir Prescottto filtro taikymo rezultatai. Galiausiai prognozuojamas rinkos kapitalo technologinių investicijų ir pajamų santykis tampa fiksuotuoju komponentu, o nuokrypiai nuo vidurkio kiekvienai įmonei – kintamuoju komponentu (daroma prielaida, kad rinkos dalyviai turės tokį patį nuokrypį nuo rinkos vidurkio ateityje (technologinio piko metu), kaip ir dabar). Sudėjus fiksuotuosius ir kintamuosius komponentus, kiekvienai įmonei apskaičiuojamas  $CR$  ( $CR_c$  yra kapitalo investicijų (CAPEX) ir pajamų santykis) ir modifikuotas  $CR_2$ . Atsipirkimo laikas vertinamas naudojant formulę:

$$TAW_c^1 = \frac{1}{CR_c}; \quad (1)$$

čia  $TAW_c$  (angl. *technology adoption window*) yra investavimo į technologijas atsipirkimo metų skaičius (gerai žinomas matematikoje, vertinamas kaip multiplikatyvi skaičiaus  $x$  atvirkštinė reikšmė, žymima  $1/x$ )

### **Metodas Nr.2.**

Šiuo metodu absoliučiosios rinkos kapitalo technologinių investicijų  $CAPEX_2$  vertės apskaičiuojamos pagal skirtingų įmonių kapitalo technologinių investicijų ir pajamų santykius (gaunamos skirtingos prognozuojamos rinkos kapitalo technologinių investicijų  $CAPEX_2$  vertės). Antra, apskaičiuojamas naujas kapitalo technologinių investicijų ( $CAPEX$ ) ir pajamų santykis  $NCR_c$  ( $NCR_c$  yra kapitalo technologinių investicijų ir pajamų santykis kiekvienai analizuojamai įmonei), įvertinant rinkos pajamas ir apskaičiuojant kapitalo technologinių investicijų lygius technologijų gyvavimo ciklo piko momentu. Galiausiai, naudojant ankstesnę formulę, apskaičiuojamas  $TAW_c^2$  kiekvienam konkuruojančiam rinkos dalyviui.

Nustačius tinkamiausio technologijos diegimo laiko langus, skaičiuojama sprendimo vertė. Autoriai siūlo įmonės vertės nustatymo procesą, remiantis diskontuotais pinigų srautais, suskaidyti į skirtingus etapus (Steiger (2010), Damodaran (2010)). Garvinas ir Cheah'as (2004) pažymėjo, kad grynosios dabartinės vertės (NPV) analizė veikia pakankamai gerai, kai rizika per turto gyvavimo laikotarpį yra santykinai pastovi. Atsižvelgiant į tai, kad Damodaranas (2010), Dehningas *et al.* (2005), Steigeris (2010) ir Fernándezas (2013) teigia, jog vienas iš kritinių parametrų nustatant įmonės (investicinio projekto) vertės pokyčius yra laisvieji pinigų srautai (FCF), į pirmąją stadiją yra įtraukiama

laisvųjų pinigų srautų prognozė ateinantiems 5–10 metų. Laisvieji pinigų srautai yra operaciniai įmonės pinigų srautai, t. y. pinigų srautai, sukurti operacijų neatsižvelgiant į finansines ir mokesčines sąnaudas. Įmonės vertė yra gaunama apskaičiuojant šių pinigų srautų esamą vertę naudojant tinkamą diskontavimo normą. Šiame tyrime kaip diskonto norma yra naudojamas įmonės kapitalo investicijų grąžos rodiklis *ROCE*.

Grynoji dabartinė vertė (*NPV*) kiekvienai įmonei *c* apskaičiuojama remiantis laisvųjų pinigų srautų (*FCF*) pokyčiais. Siekiant įvertinti poveikį sprendimo priėmimo laikui, nustatomas santykis su rinkos kapitalizacija. Svarbu pabrėžti prielaidas ir ryšius tarp šių metodų bei skaičiavimų. Kaip buvo minėta anksčiau, rinkos pajamos ir paslaugų vartotojų skaičius buvo prognozuoti GBM procesu, naudojant iš „Bloomberg“ gautus rinkos duomenis, o pasirinktos įmonės buvo pateiktos kaip reikšmingi rinkos dalyviai. Siekiant išvengti tokio paties pajamų augimo kiekvienai įmonei, pasirinktas *MARPU* rodiklis, reiškiantis pajamas rinkos vidutiniam vartotojui. Nustatant mobiliųjų technologijų gyvavimo ciklą, pasirinktas rinkos pajamų dydis, ta pati reikšmė naudota skaičiuojant *CR<sub>c</sub>* ir *NCR<sub>c</sub>*. Be to, nors yra suskaičiuojami technologijos diegimo laiko langai *TAW*, įdomiausi ir vertingiausi pastebėjimai yra kiekvienos įmonės grynoji dabartinė vertė technologijų gyvavimo ciklo piko metu (tas pats laiko momentas buvo naudojamas apskaičiuoti *TAW* reikšmėms). Šiame tyrime daroma prielaida, kad pagrindinis veiksnys įmonės finansinėse ataskaitose, atspindintis pagrindinių veiklų sėkmę, yra laisvieji pinigų srautai (*FCF*). Pasak Fernándezo (2007), kapitalo svertinė vidutinė kaina (angl. *weighted average cost of capital, WACC*) yra tinkama diskonto norma naudojant laisvuosius pinigų srautus. Kadangi kapitalo investicijų grąža (*ROCE*) reiškia faktiškai uždirbamą grąžą, o kapitalo svertinė vidutinė kaina yra reikalaujama grąža, dabartinės vertės skaičiavimo kontekste ji gali būti lygi kapitalo investicijų grąžai ar didesnė už ją. Todėl šiame tyrime buvo pasirinkta naudoti kapitalo investicijų grąžos rodiklį *ROCE*, kaip tinkamą grynosios dabartinės vertės diskonto normą.

*FCF<sub>c</sub>* prognozuojamuoju laikotarpiu apskaičiuojamas atsižvelgiant į metinius vidutinių rinkos pajamų vartotojui (*MARPU*) augimo tempus (gautus iš ankstesnių skaičiavimų ir vienodus visoms įmonėms) pradedant nuo paskutinio faktinio finansinio periodo. Detali numatomo modelio struktūra ir rezultatai pateikiami 1 lentelėje.

**1 lentelė.** Kompleksinio technologijoms diegti tinkamiausio laiko parinkimo vertinimo modelio struktūra

<b>Instrumentai / matavimai</b>	<b>Etapas</b>	<b>Numatomi rezultatai</b>
Faktinių istorinių duomenų analizė: rinkos duomenys, ankstesnių akademinųjų tyrimų duomenys, fragmentinių dalyko žinių statistinė analizė ir sintezė.	<b>I. Retrospektyvioji paklausos trajektorijos analizė</b>	<p>1. Disertacijoje daroma prielaida, kad paklausos pokyčiai priklauso nuo dviejų parametru:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– vidutinių rinkos pajamų (angl. <i>revenue</i>);</li> <li>– vartotojų skaičiaus (angl. <i>subscribers</i>).</li> </ul> <p>2. Pasirenkama technologija ir ją naudojančios konkuruojančios įmonės, atliekama geografinės zonos ir jos dalyvių paklausą apibrėžiančių veiksnių faktinių istorinių duomenų analizė bei technologija paremtos paslaugos skvarbos analizė.</p> <p>3. Įvertinamos esamos ir ankstesnių mobiliųjų technologijų kartų ypatybės.</p>
Vidutinių rinkos pajamų (angl. <i>revenue</i> ) ir vartotojų (angl. <i>subscribers</i> ) skaičiaus dinamikos statistinio patikimumo testai.	<b>II. Duomenų validumo statistinis tikrinimas</b>	<p>Statistiniai testai, kuriais patikrinama, ar pasirinkti duomenys yra statistiškai reikšmingi:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Dickey'io ir Fullerio testas (abiejų laiko eilučių stacionarumui įvertinti);</li> <li>2. Q-Q brėžiniai (skirstinio normalumui įvertinti);</li> <li>3. Autokoreliacijos testas;</li> <li>4. Kolmogorovo ir Smirnovo testas (skirstinio normalumui įvertinti).</li> </ol>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Paklausos trajektorijų nustatymas – atliekama 40 iteracijų su pajamomis ir vartotojais.</li> <li>2. Vidutinių rinkos pajamų vartotojui (angl. <i>market average revenue per user, MARPU</i>) nustatymas.</li> <li>3. Fragmentinių dalyko žinių dinamika ir statistinė analizė bei sintezė.</li> </ol>	<b>III. Duomenų masyvo prognozė taikant geometrinį Brauno judėjimo metodą, paremtą Monte Karlo modeliavimu</b>	<p>Geometrinis Brauno judėjimo (angl. <i>geometric Brownian motion, GBM</i>) modelis, paremtas Monte Karlo metodu, naudojamas prognozuoti numatytiems parametrams<sup>1</sup>:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 40 iteracijų rinkos pajamoms;</li> <li>2. 40 iteracijų vartotojams;</li> <li>3. 40 vidutinių rinkos pajamų vartotojui (<i>MARPU</i>) parametro reikšmių.</li> </ol> <p>Abiem (1 ir 2) parametru reikšmėms prognozuoti naudojamas GBM modelis, paremtas Monte Karlo metodu, todėl papildomai apskaičiuojami žingsnio (angl. <i>drift</i>) ir atsitiktinio sukrėtimo (angl. <i>shock</i>) nustatymai:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– žingsnio (angl. <i>drift</i>) (<math>\mu</math>) reikšmė;</li> <li>– kintamumo (angl. <i>volatility</i>) (<math>\sigma</math>) reikšmė;</li> <li>– laiko žingsnis (angl. <i>time step</i>) (<math>\Delta t</math>);</li> <li>– Vynerio procesas (angl. <i>Wiener process</i>) (<math>dz_t</math>);</li> <li>– standartinis normalusis skirstinys (<math>\varepsilon_t</math>);</li> <li>– laisvumo laipsnis (angl. <i>variance</i>) (<math>Var(R_t)</math>).</li> </ul>

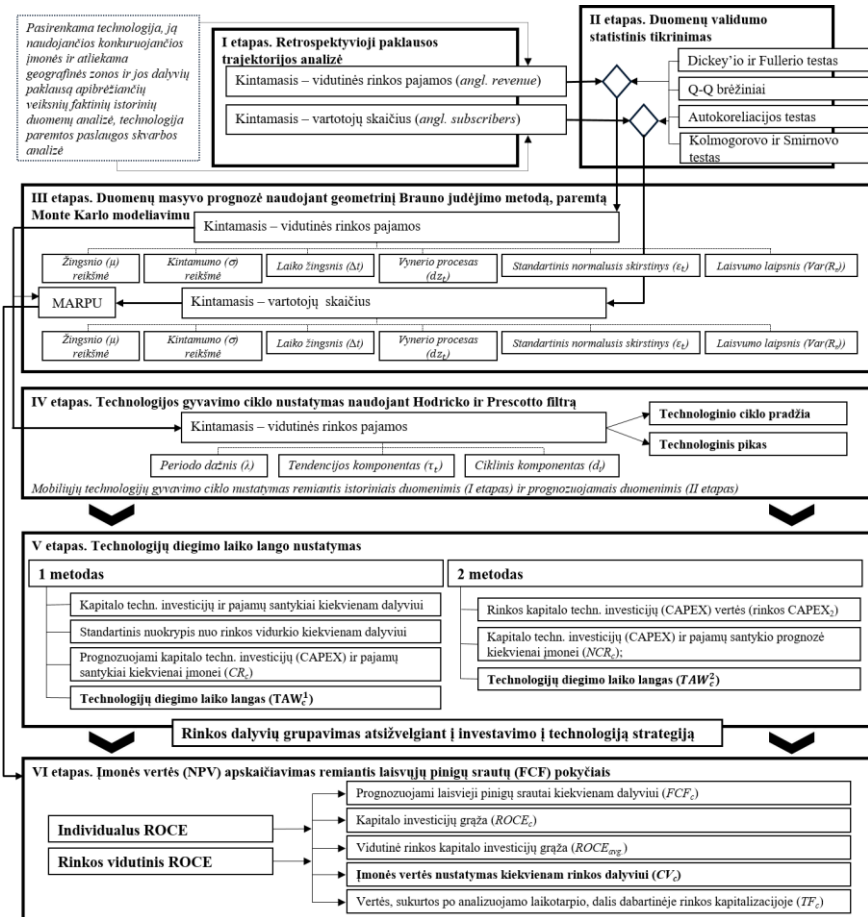
<sup>1</sup> naudojama 40 iteracijų apskaičiuoti 10 metų laikotarpiui, kiekviena iteracija atitinka ketvirtį

<b>Instrumentai / matavimai</b>	<b>Etapas</b>	<b>Numatomi rezultatai</b>
Mobiliųjų technologijų gyvavimo ciklo nustatymas remiantis istoriniais duomenimis (I etapas) ir numatomais duomenimis (II etapas).	<b>IV. Technologijos gyvavimo ciklo nustatymas naudojant Hodricko ir Prescottto filtrą</b>	Hodricko ir Prescottto filtras naudojamas apibrėžti atsirandančios naujos 5G mobiliosios technologijos gyvavimo ciklo stadijoms ir brandai. Nustatyti papildomi parametrai: – <i>periodo dažnis</i> ( $\lambda$ ); – <i>tendencijos komponentas</i> ( $\tau_t$ ); – <i>ciklinis komponentas (nuokrypis nuo tendencijos)</i> ( $d_t$ ).
Tinkamiausio technologijų diegimo laiko lango kiekvienam paslaugos teikėjui (rinkos dalyviui; pagal finansinių duomenų prieinamumą) apskaičiavimas remiantis atskirų rinkos dalyvių finansiniais duomenimis ir ankstesnių modelio etapų rezultatais kapitalo technologinių investicijų (CAPEX) atspirkimo požiūriu. Šie parametrai pateikia atitinkamą technologijų gyvavimo ciklo momentą (vertinamą kaip tinkamiausią investavimo laiko momentą), kai rinkos dalyviai pradeda investuoti į naujų technologijų diegimą.	<b>V. Technologijos diegimo laiko lango nustatymas</b>	Technologijos diegimo laiko langas kiekvienam pasirinktoje geografinėje teritorijoje konkuruojančiam rinkos dalyviui nustatomas dviem metodais: <b>1. Metodas Nr. 1</b> Nustatyti parametrai: – <i>faktinių kapitalo technologinių investicijų (angl. CAPEX) ir pajamų santykiai kiekvienam dalyviui</i> ; – <i>standartinis nuokrypis nuo rinkos vidurkio kiekvienam rinkos dalyviui</i> ; – <i>prognozuojamas kapitalo technologinių investicijų (CAPEX) ir pajamų santykiai kiekvienai įmonei (CR<sub>c</sub>)</i> ; – <i>technologijos diegimo laiko langas (angl. technology adoption window, TAW<sub>c</sub><sup>1</sup>)</i> . <b>2. Metodas Nr. 2</b> Nustatyti parametrai: – <i>rinkos kapitalo technologinių investicijų (CAPEX) vertės (rinkos CAPEX<sub>2</sub>)</i> ; – <i>kapitalo technologinių investicijų (CAPEX) ir pajamų santykio prognozė kiekvienai įmonei (NCR<sub>c</sub>)</i> ; – <i>technologijos diegimo laiko langas (TAW<sub>c</sub><sup>2</sup>)</i> . Vertinama technologijos diegimo laiko pasirinkimo sprendimo vertė skaičiuojant įmonės vertę taikant grynosios dabartinės vertės metodą technologijų gyvavimo ciklo piko momentu. Taip pat apskaičiuojamas grynosios dabartinės vertės ir įmonės rinkos kapitalizacijos santykis kaip vertės, kaip esamos rinkos vertės, sukurtos po analizuojamo laikotarpio, dalis. Nustatyti papildomi parametrai: – <i>prognozuojami laisvieji pinigų srautai kiekvienam dalyviui (FCF<sub>c</sub>)</i> ; – <i>kapitalo investicijų grąža (angl. return on capital employed, ROCE<sub>c</sub>)</i> – <i>vidutinė rinkos kapitalo investicijų grąža (angl. average market return on capital employed, ROCE<sub>avg</sub>)</i> ;
Grynosios dabartinės vertės (angl. <i>net present value, NPV</i> ) kiekvienam rinkos dalyviui suskaičiavimas ir įmonės vertės įvertinimas remiantis laisvųjų pinigų srautų (angl. <i>free cash flow, FCF</i> ) pokyčiais. Siekiant įvertinti sprendimo laiko įtaką, kiekvienai įmonei nustatoma rinkos kapitalizacija. Pritaikomi du scenarijai: atsižvelgiant į individualų kapitalo investicijų grąžos rodiklį ir vidutinį kapitalo investicijų grąžos rodiklį.	<b>VI. Įmonės vertės (NPV) apskaičiavimas remiantis laisvųjų pinigų srautų (FCF) pokyčiais</b>	

<b>Instrumentai / matavimai</b>	<b>Etapas</b>	<b>Numatomi rezultatai</b>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>– <i>tęstinoji vertė kiekvienam rinkos dalyviui (angl. continuous value for each player, ConV<sub>c</sub>);</i></li> <li>– <i>vertės, sukurtos po analizuojamo laikotarpio, dalis dabartinėje rinkos kapitalizacijoje (TF<sub>c</sub>).</i></li> </ul>

Būtina pabrėžti tam tikrus sukurto modelio aspektus. Pirma, mobiliųjų paslaugų pramonė turi savų paklausos, technologijų svyravimų ir evoliucijos ypatybių, jai būdingas savitas kapitalo technologinių investicijų (CAPEX) intensyvumas ir kt. Daroma prielaida, kad technologijų diegimo sprendimas yra negrįžtamas ir jam įgyvendinti reikia laiko. Taip pat inžinerinės tinklo įrangos ir netgi planavimo horizontas yra baigtinis. Antra, technologijos diegimo sprendimo priėmimo kriterijai paremti pelningumo ir paklausos tenkinimo sąlygomis. Nei jei įmonei technologijos diegimas yra galimas, tai nėra laikoma geriausia strategija, jeigu diegimo sąnaudos yra reikšmingai didelės, kitaip sakant, negrįžtamosios investicijos bus pasitelkiamos tik tuo atveju, jei jų gražos grynoji dabartinė vertė yra reikšmingai didesnė už investicijų sąnaudas. Trečia, įvertinami mobiliosios technologijos kartų svyravimai. Ketvirta, Dixitas (1989) pažymėjo, kad investicijų histerezę veikia makroekonominės sąlygos. Kaip nurodo McDonaldas ir Siegelas (1986), Jeonas ir Nishihara (2014), investavimo sąnaudos kinta pagal geometrinį Brauno judėjimo modelį. Elliottas, Miao ir Yu (2007) pabrėžė, kad GBM difuzinis procesas netinka investicijų sąnaudoms modeliuoti, nebent numatomos sąnaudos valdomos pagal kontroliuojamos difuzijos procesus.

Atlikus akademinės literatūros apžvalgą, sudarytas 6 stadijų kompleksinis technologijoms diegti tinkamiausio laiko parinkimo vertinimo modelis (žr. 2 pav.). Pabrėžtina, kad modelis gali būti taikomas rinkoms ir technologijoms, kurios būdingos ne vienai konkrečiai įmonei ar jų grupei, kaip, pvz., efektyvumo didinimo priemonė. Modelis gali būti taikomas tokioms technologijoms, kurios keičia rinkas ir jų dalyvių elgseną.



2 pav. Kompleksinio technologijoms diegti tinkamiausio laiko parinkimo vertinimo modelio schema

Mokslu ir technologinėmis žiniomis grįstos įmonės susiduria su problema pasirinkti tinkamiausią naujų technologijų diegimo laiką. Šios problemos sprendimas gali lemti konkurencingumo praradimą ar įgijimą, vertės sukūrimą ar įmonės žlugimą, investicijų atsipirkimo nustatymą, reaktyvųjų verslo modelį ir kt. Šie klausimai ypač komplikuoti brandžiose rinkose. Šiuo metu naujoji 4G (kartais dar vadinama 4,5 G; LTE tinklai) technologija pasaulyje vis plačiau naudojama. Paslaugų teikėjai prognozuoja, kad būsima 5G mobilioji technologijos karta bus prieinama nuo 2020 metų ar vėliau ir pasižymės daugiau nei 1000 kartų didesniu ryšio pralaidumu, patikimu ryšio stabilumu ir mažomis energijos sąnaudomis. Ši



mobilioji tinklo karta atitiks ir tenkins techninius mašinų sąveika paremtos pramonės reikalavimus (angl. *machines to machines, M2M*). Tokios technologijos savybės pakeis paslaugų teikėjų pajamų struktūrą, nes didelės greitaveikos interneto jungtys laikui bėgant perims įprastą mobiliųjų ryši. Skirtingai nuo kitų pramonės šakų, šios industrijos įmonės neturi galimybės persukti naujos technologijos diegimo.

Sukurtas kompleksinis technologijoms diegti tinkamiausio laiko parinkimo vertinimo modelis yra orientuotas į istorinių mobiliųjų kartų ir jas naudojančių įmonių paslaugų paklausos ir rinkos pajamų duomenų analizę, kuri apima 31 ketvirtį nuo 2007 m. antrojo ketvirčio iki 2014 m. ketvirtojo ketvirčio (*Bloomberg finance*, 2015). Disertacijoje analizuojama paklausos dinamika priklausau nuo dviejų parametrų – vidutinių rinkos pajamų ir vartotojų skaičiaus. Analizei pasirinkta rinka apima šias šalis: Austriją, Baltarusiją, Belgiją, Bulgariją, Kroatiją, Čekiją, Daniją, Estiją, Suomiją, Prancūziją, Vokietiją, Graikiją, Vengriją, Airiją, Italiją, Latviją, Lietuvą, Olandiją, Norvegiją, Lenkiją, Portugaliją, Rumuniją, Rusiją, Serbiją, Slovakiją, Slovėniją, Ispaniją, Švediją, Šveicariją, Turkiją, Ukrainą ir Jungtinę Karalystę (rinkos duomenų pasirinkimą riboja tam tikrų duomenų neprieinamumas, todėl šiame tyrime daroma prielaida, kad šios valstybės ir jose dirbančios įmonės sudaro mobiliojo ryšio rinką).

Atliekant mobiliojo interneto skvarbos analizę, didžiausi šuoliai nustatyti Suomijoje, Rusijoje, Švedijoje ir Ukrainoje. Be to, esama šalių, kuriose skvarba nesiekia 100 %, pvz., Turkija. Vertinant iš mobiliojo interneto skvarbos perspektyvos, 2014 m. ketvirtajame ketvirtyje Austrija, Bulgarija, Estija, Suomija, Rusija ir Švedija viršijo 150 %, o mobiliojo belaidžio ryšio skvarba pasaulyje 2011 m. ketvirtajame ketvirtyje siekė vos 87 %, 2014 m. pabaigoje – 93 %.

Pasak Chetano (2015), mobiliųjų tinklų technologijos kartos išsivysto per 20 metų technologijos gyvavimo ciklą. Vidutiniškai laikas iki piko yra 12 metų, o laikas nuo piko iki gyvavimo ciklo pabaigos yra maždaug 7 metai. Kiekvienas mobiliosios technologijos kartos gyvavimo ciklo standartizacijos laiko periodas yra 7–8 metai. METIS (2015) (*Mobile and wireless communications Enablers for Twenty-twenty (2020) Information Society*) nurodo, kad 5G mobiliosios technologijos vystymo ciklas prasidėjo 2012 m., todėl tikimasi, kad technologijos standartai bus viešai prieinami 2019–2020 metais, o technologinio piko laikotarpis bus 2024 metais.

Retrospektyviųjų faktinių belaidžių mobiliųjų tinklų vartotojų duomenų analizė parodė, kad vidutinis bendras belaidžių mobiliųjų tinklų vartotojų skaičiaus augimo tempas yra 1,41 %. Augimo tempas 2005 m. ketvirtąjį ketvirtį–2008 m. ketvirtąjį ketvirtį vidutiniškai siekė 3,19 %, o laikotarpiu nuo 2008 ketvirtojo ketvirčio iki 2014 trečiojo ketvirčio susitraukė iki 0,49 %. Nustatytas vangus augimo tempas gali būti lengvai paaiškinamas pasaulinės finansų krizės poveikiu. O vidutinis mobiliojo interneto pajamų augimo tempas siekė 1,6 %.

Analogiškais ketvirčiais (2005 K4–2008 K4) vidutinis augimo tempas buvo 4,77 %, vėliau (2008 K4–2014 K3) – neigiamas, t. y. –0,18 %. Mažėjantis rinkos pajamų tempas gali būti paaiškintas keliomis prielaidomis: laikotarpiu prieš pasaulinę finansų krizę mobiliųjų paslaugų vartotojai skirdavo didesnę namų ūkio išlaidų dalį (taip pat ir verslo lygmenyje). Šiuo laikotarpiu konkuruojančios įmonės buvo priverstos peržiūrėti kainų struktūrą siekdamos išlaikyti finansinį tvarumą ir vartotojų skaičių. Tai lėmė suasmenintos paslaugų kainodaros atsiradimą mobiliosiose rinkose. Antra, tuo pačiu metu, vystantis mobiliosioms technologijų kartoms ir mobiliosioms programoms, vartotojams atsirado galimybių naudotis belaidžiu interneto ryšiu ir taip mažinti įprastą GSM ryšio naudojimą. Galiausiai išmanieji telefonai pradėjo intensyviai keisti paprastus mobiliuosius telefonus.

Kaip ir buvo minėta anksčiau, siekiant taikyti GBM modelį, reikia atlikti duomenų masyvų statistinio patikimumo testus: Dickey'io ir Fullerio testą, Q-Q brėžinius, autokoreliacijos ir Kolmogorovo ir Smirnovovo testą. Skaičiavimas parodė, jog duomenys yra reprezentatyvūs ir gali būti naudojami taikant chaoso teoriją paklauskos neapibrėžtumui vertinti. Naudojant GBM modelį, paremtą Monte Karlo modeliavimu, buvo sugeneruota 40 iteracijų prognozuojant vartotojų ir rinkos pajamų duomenis dešimčiai metų į priekį. Vėliau apskaičiuotas vidutinis rinkos vartotojo pajamų dydis. Taikant GBM modelį, žingsnio (angl. *drift*) ( $\mu$ ) vertė belaidžių paslaugų rinkos pajamoms yra 1,15 %, kintamumo (angl. *volatility*) ( $\sigma$ ) parametras siekia 7,55 %, o įvertinant belaidžių paslaugų vartotojų skaičiaus projekcijas – atitinkamai 1,39 % ir 1,82 %. Kaip ir buvo minėta anksčiau, vidutinės rinkos pajamos vartotojui (vidutinės bendrosios pajamos, padalytos iš vidutinio vartotojų skaičiaus) apskaičiuojamos kiekvienai iš 40 iteracijų (laiko žingsnių). Labai svarbu pabrėžti, kad pasirinkta metodika nėra naudotina nei rinkos pajamoms, nei rinkos vartotojų skaičiui prognozuoti. Šio metodo tikslas yra, atsižvelgiant į retrospektyvius statistinius duomenis, modeliuoti pasirinktą laiko eilučių dinamiką, pagrįstą chaotiniais neapibrėžtumo procesais.

Hodricko ir Prescottto filtras pritaikytas nustatyti mobiliosios technologijos (5G) gyvavimo ciklui. Šio filtro taikymo rezultatai logiškai atitinka mobiliųjų kartų vystymosi tendencijas ir parodo, kad numatoma 5G mobiliosios technologijos kartos vystymosi pradžia turėtų būti 2018 m. pirmajame ketvirtyje.

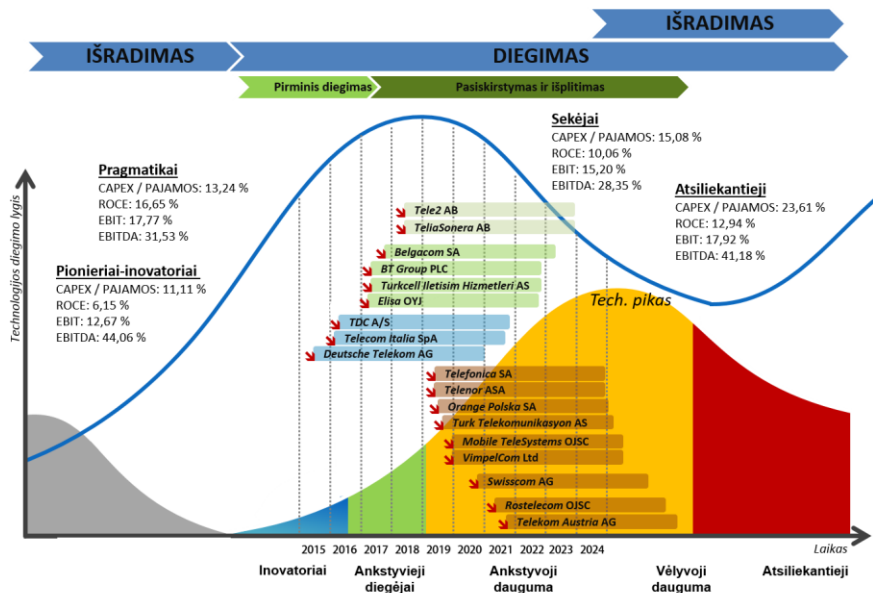
Empirinė mobiliosios technologijos (5G) diegimo laiko parinkimo analizė pateikiama vertinant 18 tarpusavyje konkuruojančių įmonių finansinius rezultatus (visos įmonės dirba Europos rinkoje). Modeliavimo rezultatai parodė, kad įmonėms, atsižvelgiant į jų vidinį finansinį potencialą, bendras technologijos diegimo laiko langas atsiveria nuo 4,3 iki 10,5 metų prieš 2024 metus, kurie yra laikomi technologijos gyvavimo ciklo piku. Vertinant faktą, kad visos konkuruojančios įmonės turi beveik vienodą rinkoje prieinamą informaciją, investavimo į technologijos diegimą laiko parinkimo sprendimai skirsis

priklausomai nuo įmonės finansinės padėties, finansų valdymo bei technologijų diegimo strategijų ir esamos tam tikro rinkos dalyvio finansinės būklės. Tyrimo rezultatai taip pat leidžia daryti išvadas dėl mobiliojo ryšio įmonių verslo gyvavimo ciklo, atsižvelgiant į pagrindinių išteklių gyvavimo trukmę. Šie tyrimo rezultatai pagrindžia 25 metų analizuotino laikotarpio pasirinkimo būtinumą tokio tipo įmonėms vertinti.

Bendra įmonių imtis apima daugiau nei 561 mln. eurų vertės turtą ir 278 mln. eurų pajamas (vertinant 5 metų vidurkį). Pasirinktos įmonės per 5 metų laikotarpį uždirbo daugiau nei 551 mln. eurų EBITDA ir kapitalo technologinėms investicijoms išleido daugiau nei 203 mln. eurų. Pažymėtina, kad vidutinis EBITDA augimo tempas yra neigiamas pradedant nuo 2012 metų ir sudaro –1,13 %. O pardavimo augimo santykis yra teigiamas ir vidutiniškai siekia 2,78 %. 5 metų vidutinė kapitalo investicijų grąža (*ROCE*) yra 14,7 % (maksimumas 40,18 % o minimumas –4,17 %). Technologijų efektyvumo rodiklio vidutinė kasmetinė vertė kito nuo 16,75 % iki 40,00 % atitinkamai 2010 ir 2014 metais, o vidutinė technologijų efektyvumo reikšmė *TER* (angl. *technological efficiency ratio*) 5 metų laikotarpiu siekia 14,38 %. Vidutinis 5 metų kapitalo technologinių investicijų (*CAPEX*) ir pajamų santykis yra 18,30 %, vadinasi, iki penktadalio pajamų sunaudojama kapitalo investicijoms dengti. Pabrėžtina, kad rodiklis per 5 metus didėjo: nuo 15,47 % 2010-aisiais iki 17,20 % 2014 metais, ypač didelis buvo 2013 metais, kai kapitalo technologinių investicijų ir pajamų santykis siekė 23,38 %. Kita svarbi įžvalga yra apie kapitalo technologinių investicijų augimo tempus: vidutinis 5 metų kapitalo technologinių investicijų augimo tempas yra 8,00 %, tačiau analizuojamu periodu rodiklis mažėjo nuo 22,58 % iki –3,31 %, o tai rodo, jog mobiliojo ryšio paslaugų teikėjai mažina savo kapitalo technologines investicijas arba esamos technologijos nereikalauja tokių didelių kapitalo investicijų.

Tyrimo analizuojamos dvi skirtingos technologijos diegimo laiko lango nustatymo metodikos turint vienodą technologinę ir informacinę aplinką: sprendimo priėmimas vertinant vidutinį standartinį nuokrypį nuo rinkos vidurkio (metodas Nr. 1) ir naudojant skirtingų įmonių individualius duomenis (metodas Nr. 2). Metodo Nr. 1 taikymo rezultatai parodė, kad vidutinis  $TAW^l_c$  yra 6,6 iki technologijos gyvavimo ciklo piko, tačiau įmonių pasiskirstymas laiko skalėje ypač mažas – sklaidos lygis – 0,0 %, o skirtumas tarp didžiausios ir mažiausios reikšmės yra tik 0,6 metų. Dėl šios priežasties metodas Nr. 1 buvo atmestas, nes investavimo laiko tarpai tarp įmonių yra reikšmingai priartėję vienas kito ir nesukurtų konkurencingumo aspekto, be to, visos įmonės įdiegtų technologiją per vienus ir tuos pačius metus, o tai tikrovėje yra mažai tikėtina (atsižvelgiant į infrastruktūros sukūrimo poreikį naujos mobiliosios technologijos veikimo kontekste). O metodas Nr. 2, kur investavimo į technologiją laiko sprendimas yra pagrįstas pačios rinkos dalyvio duomenimis, buvo priimtinas. Daromos išvados, kad strateginiai investavimo į technologiją laiko sprendimai yra pagrįsti kiekvieno

rinkos dalyvio (įmonės) individualia strateginio valdymo koncepcija ir individualiais finansiniais ištekliais. Antra, metodas Nr. 2 parodė, kad investavimo į technologiją laiko lango sklaida rinkos dalyviams didesnė nei 6 metai; šiuo atveju laikotarpis skaičiuojamas nuo sprendimo priėmimo momento iki technologijos piko ir sudaro 4,3–10,5 metų. Modelio rezultatai grafiškai pavaizduoti 3 pav.



3 pav. Optimalaus investavimo į 5G mobiliąją technologiją ir technologijos gyvavimo ciklai

Trečia, rinkos dalyviai laiko skalėje pasiskirstė pagal individualius technologijų diegimo laiko langus  $TAW^2_c$ , tai leido konkuruojančias įmones sugrupuoti atsižvelgiant į investavimo į technologijas strateginius vaidmenis su joms būdingais finansiniais parametrais. Pionieriai-inovatoriai turi žemiausią kapitalo technologinių investicijų ir pajamų santykį (13,24 %) ir aukščiausią EBITDA (44,06 %), palyginti su pragmatikais (31,53 %) ir sekėjais (28,35 %). Tai gali būti paaiškinama ilgiausiu investavimo laikotarpiu, kuriuo skaičiuojant EBITDA savo vaidmenį atlieka nusidėvėjimo ir amortizacinės sąnaudos (DA). Tačiau EBIT (12,67 %) yra mažiausias, palyginti su kitomis strategijomis (atitinkamai 17,77 % ir 15,20 %). Kita vertus, vėluojantys rinkos dalyviai turi didžiausią kapitalo technologinių investicijų ir pajamų santykį (23,61 %) ir beveik tą patį EBITDA kaip inovatoriai – 41,18 %. Kapitalo technologinių investicijų ir pajamų santykis, kaip kintamasis, atspindintis kapitalo technologinių investicijų

atsipirkimo terminą, šio modelio kontekste yra objektyviausias naudotinas technologijų diegimo laiko lango nustatymo rodiklis.

Nustačius investavimo į mobiliąją technologiją laiko langus konkuruojančioms įmonėms, svarbu įvertinti sprendimo poveikį kiekvienai įmonei atskirai pagal įmonės vertės pokytį, kitaip tariant, optimalaus sprendimo investuoti į technologiją efekto dydį. Šiam tikslui pasiekti buvo apskaičiuota įmonių vertė pasitelkiant grynosios dabartinės vertės nustatymo (*NPV*) metodą, paremtą laisvųjų pinigų srautų pokyčiais. Ši tyrimo dalis turi kelias skaičiavimo metodų linijas diskontavimo normos kontekste: naudojant individualų įmonių kapitalo investicijų gražos rodiklį (*ROCE*) atskirai ir vidutinį rinkos kapitalo investicijų gražos rodiklį.

Atlikus analizę su anksčiau minėtais parametrais, buvo pastebėta, jog egzistuoja reikšminga tiesinė koreliacija tarp kintamųjų. Tai suteikė loginį pagrindą teorinėms išvargoms ir leido pagrįsti modelio praktinį pritaikumą.

Kintamųjų  $TAW^2_c$  ir  $NPV_c$  tiesinė koreliacija siekia 50 %, vadinasi, ankstyvieji diegėjai šio modelio kontekste gali tikėtis didesnės grynosios dabartinės vertės technologijų gyvavimo ciklo piko fazėje. Šis faktas dar kartą buvo patvirtintas teigiamos koreliacijos tarp įmonės vertės ( $CV_c$ ) ir technologijų diegimo laiko lango ( $TAW^2_c$ ), kur fiksuojama koreliacija – 56 %. Be to, nustatyta reikšminga koreliacija tarp rinkos kapitalizavimo ( $MCap_c$ ) ir abiejų  $NPV_s$  dydžių (apskaičiuotų su individualiu kapitalo investicijų gražos santykiu ir rinkos vidutiniu kapitalo investicijų gražos santykiu) – atitinkamai 56 % ir 63 %. Taigi šie parametrai įrodo ryšį tarp faktinės įmonės rinkos kapitalizacijos (2014 12 31 duomenimis) ir apskaičiuotos įmonės vertės (2014 12 31 duomenimis). Taip pat užfiksuotas 32 % teigiamas koreliacijos vidurkis tarp laisvųjų pinigų srautų ( $FCF$ ) dalies rinkos kapitalizacijoje ( $TF_c$ ) ir technologijų diegimo laiko lango ( $TAW^2_c$ ). Galiausiai viena iš pagrindinių išvargų apima vidutinius  $TF_c$  reikšmių dydžius – 42,4 % ir 40,3 % atitinkamai su individualiais kapitalo investicijų gražos rodikliais ir vidutiniu kapitalo investicijų gražos rodikliu. Šio rodiklio kontekste tik vienos įmonės  $TF_c$  yra didesnis nei 100 % – „Telecom Italia“ SpA (149,8 %). Tai rodo, kad maždaug 40 % dabartinės rinkos kapitalizacijos yra veikiamas laisvųjų pinigų srautų, paremtų investavimo į technologijas laiko sprendimais. Vadinasi, gali būti teigiama, kad įmonių paslaugos mobiliųjų paslaugų rinkoje vartotojų požiūriu yra beveik išsiskverbosios ir ateities įmonių vertė bei konkurencinė sėkmė priklausys nuo rinkos dalies dydžio. Kitais žodžiais tariant, technologijos šuolis brandžioje rinkoje (naujosios technologinės kartos diegimas), kalbant apie mobiliųjų paslaugų teikėjus, yra negrįžtamoji investicija siekiant tapti finansiškai tvariu rinkos dalyviu su didėjančiu vartotojų skaičiumi, todėl tarp rinkos dalyvių tikėtini susiliejimai ir įsigijimai. Kita svarbi išvalga yra susijusi su rinkos kapitalizacija ( $MCap_c$ ) ir įmonės tęstinąja verte ( $ConV_c$ ) arba įmonės verte ( $CV_c$ ), kuri turi stiprią 63 % koreliaciją su vidutiniu kapitalo investicijų gražos rodikliu ir tik 35 % koreliaciją su individualiu kapitalo investicijų gražos rodikliu. Be to, kaip buvo

pastebėta, kuo aukštesnis (vidutinis) įmonės technologinio efektyvumo rodiklis, tuo didesnę kapitalo investicijų grąžą (*ROCE*) įmonė generuoja (koreliacijos dydis 69 %).

Egzistuoja ir kitas modelio rezultatų vertinimo požiūris. Atsižvelgiant į tai, kad vidutinės  $TF_c$  reikšmės svyruoja nuo 6,7 iki 149,9 % individualiems kapitalo investicijų grąžos rodikliams ir tarp 5,6 ir 98,4 % vidutiniam kapitalo investicijų grąžos rodikliui, verčių difuzijai įtakos gali turėti tiek  $MCap_c$ , tiek  $NPV_c$  rodikliai, tačiau visos įmonės, galima sakyti, yra ant mobiliųjų technologijų kaitos slenksčio ir dirba savo individualiose verslo platformose, kurios, vertinant pagal  $TF_c$  rodiklį, yra atnaujinamos kas 24–25 metus (priklausomai nuo kapitalo investicijų grąžos tipo), o mobiliųjų technologijų kartos vystosi 20 metų ciklais. Todėl galima daryti išvadą, kad mobiliųjų technologijų įmonės susiduria su technologinių verslo platformų kaita kas 24–25 metus (vertinant 10 metų rodiklius). Istoriskai mobiliųjų paslaugų teikėjai buvo linkę teikti GSM ryšio paslaugas ir pardavinėti naujus mobiliuosius įrenginius, o naujoji karta (ateinanti 5G karta) bus susijusi su gerokai didesnėmis duomenų perdavimo galimybėmis ir mobiliųjų įrenginių nuomos paslaugomis, vadinasi, su šiuo mobiliųjų technologijų kartos pokyčiu įmonės taip pat privalės keisti ar atnaujinti savo verslo modelius (platformas). Galiausiai esminis veiksnys nustatant įmonės vertę ir numatant perspektyvas yra pagrindinių išteklių gyvavimo ciklai. Šis tyrimas atskleidė mobiliųjų (belaidžių) technologijų įmonių veiklos laiko rėmus, kurie, vertinant iš naujų technologijų diegimo perspektyvos, gali būti traktuojami kaip verslo ciklo laikotarpis naujų technologijų diegimo kontekste.

## IŠVADOS

Šis tyrimas parodo strateginių sprendimų teorinę ir praktinę reikšmę mokslu ir technologijomis grįstai įmonei siekiant rasti geriausią investavimo į technologiją laiko nustatymo sprendimą darant prielaidą, jog rinkos paklausa, išreikšta rinkos vartotojų skaičiumi, rinkos pajamomis ir jų išvestiniais dydžiais, projektuojama geometrininiu Brauno judėjimo metodu, paremtu Monte Karlo modeliavimu, rinkos neapibrėžtumo kontekste. Šios analizės rezultatai leidžia pabrėžti modelio aiškinamąjį potencialą tiek įmonėms dėl tinkamiausio investavimo į technologijų diegimą laiko parinkimo momento bei investavimo strategijų, tiek ir tokių sprendimų priėmėjams dėl detalių galimų finansinių rezultatų ir jų įtakos įmonės finansinio tvarumo kontekste.

1. Analizuojant akademinę literatūrą, nustatytas moksliskai pagrįstas požiūris, jog technologijų raida turi reikšmingą įtaką ekonomikos augimui. Pabrėžtina, kad technologijos ir inovacijos skirtinguose sektoriuose bei srityse yra susijusios tarpusavyje ir technologijų pokyčiai iš esmės veikia visą ekonomikos lygmenį, o ne atskirą sritį.

2. Ekonomika turi būti išreiškiama kaip paklausa technologinių pokyčių kontekste, siekiant rasti optimalų galimą inovacijų diegimo laiko langą. Šios įžvalgos skatina nagrinėti paklausą ir ją apibūdinančius veiksnius neapibrėžtumo kontekste ar net ateityje dėl technologijų kaitos galimus paklausos pokyčius, kitaip tariant, privalu atlikti išsamų retrospektyvųjį produkto ir (ar) paslaugos paklausos trajektorijos kintamumo tyrimą. Taip pat nustatyta, kad yra sustiprėjusios tarpusavio sąsajos tarp pramonės progreso, mokslinių tiriamųjų darbų, organizacinių pokyčių ir ekonomikos konkurencingumo.

3. Įmonių konkurencingumas tiesiogiai priklauso nuo jų galimybės įgyti ir įdiegti naujus verslo metodus ir naujas technologijas, taip pat panaudoti jas naujiems konkurencingiems produktams kurti. Nors technologijų samprata kito, bendra paradigmos kryptis yra ta pati – technikų, metodų ir priemonių kompleksas, kuris leidžia tiekėjui ir vartotojui geriau atskleisti vis efektyvesnę ir patikimesnę produktą, paslaugą, procesą, struktūrą, mechanizmą ar kt. Tokiu būdu susijusių paradigms raida sukuria sinergiją pasaulio ekonomikoje ir kiekviename iš jos subjektų atskirai. Dėl šios priežasties akademinėje literatūroje randama įvairių tyrimų, susijusių su paradigms analize, jų geresniu supratimu ir keitimu, o tai kartu lemia technologijų, technikų atnaujinimą ar kūrimą ir technologinius pokyčius.

4. Didžiausią įtaką verslui darantis veiksnys yra technologijų diegimo išlaidų negrįžtamumas. Rinkos dalyviai ne tik vertina technologijų diegimą, kaip strateginio valdymo elementą, bet ir kartu technologijų diegimo laiko parinkimo prasme priima tokius investuotojo vaidmenis, kaip pionierius, pragmatikas, sekėjas ar atsiliekantysis.

5. Atlikus akademinės literatūros apžvalgą ir išnaginėjus prognozės metodus technologijų diegimo laikui parinkti, nustatyta, kad į metodiką turi būti įtraukiami aplinkos pokyčiai. Todėl aplinka vertinama kaip paklausa, turinti neapibrėžtumo ypatybių, kurias galima modeliuoti chaoso teorijų pagrindu. Literatūroje randama skirtingų tinkamiausio investavimo į technologijas laiko nustatymo modelių, pvz., dinaminis impulsų kontrolės metodas (Blacko ir Scholes'o), pasirinkimo galimybė grįstos kainodaros modelis, mokymosi kreivės metodas, realių pasirinkimo sandorių modelis, grynosios dabartinės vertės modelis, išplėstas realių pasirinkimo sandorių aspektu, ir kt., bet dažniausiai taikomas atsitiktinio judėjimo, chaoso teorija paremtas metodas neapibrėžtumams modeliuoti yra geometrinis Brauno judėjimo procesas. Akademinės literatūros autoriai sutinka, kad technologijų diegimo laiko pasirinkimui svarbiausi yra laiko ir vertės veiksniai, todėl būtina nustatyti ir tinkamiausią laiko momentą, ir sprendimo vertę įmonei.

6. Ištyrus įvairius technologijų diegimo proceso modelius, nustatytos šios pagrindinės naujų technologijų diegimo brandžioje rinkoje stadijos: (I) retrospektyvioji paklausos trajektorijų analizė; (II) duomenų validumo statistinis tyrimas; (III) duomenų masyvo prognozė taikant geometrinį Brauno judėjimo metodą, pagrįstą Monte Karlo modeliavimu; (IV) technologijų gyvavimo ciklo nustatymas naudojant Hodricko ir Prescottto filtrą; (V) technologijų diegimo laiko lango nustatymas; (VI) įmonės vertės apskaičiavimas remiantis laisvųjų pinigų srautų pokyčiais. Daroma prielaida, kad paklausą ir jos neapibrėžtumą padedantys apibūdinti veiksniai yra rinkos vartotojai, rinkos pajamos ir jų išvestinis dydis – vidutinės rinkos pajamos vartotojui.

7. Remiantis ankstesnėmis mobiliųjų kartų vystymosi charakteristikomis ir taikant matematinius metodus (Hodricko ir Prescottto filtrą), buvo nustatytas būsimos 5G mobiliosios technologijos gyvavimo ciklo pikas – 2024 metai. Įvertinant bendrą mobiliųjų tinklų technologinę evoliuciją per pastaruosius 35 metus, daroma prielaida, kad 5G ekosistema, technologijos ir kontrolės taškai 2024 metais ir vėliau gerokai skirsis nuo ankstesnių mobiliųjų technologijų kartų. Šiandien daugybė organizacijų skiria savo išteklių 5G technologijai vystyti, tai savo ruožtu didina šios technologijos vystymosi tempą pramonėje, kituose ekosistemos procesuose, tiekimo grandinėje, individų kasdienio gyvenimo supratimo tapsmo žmogaus skaitmeninės sąmonės dalimi procese. Todėl, suprasdami 5G technologijų diegimo svarbą, visi mobiliųjų ryšių pramonės dalyviai susiduria su esminiu finansiniu strateginiu sprendimu – kada investuoti ir diegti naujus standartus siekiant būti aktyviais ateinančios skaitmeninės ekosistemos dalyviais, išlaikyti konkurencingumą ir teikti pasauliui paklausias technologiškai naujausias paslaugas.



8. Šio tyrimo rezultatai leidžia įmonėms tęsti diskusijas apie tai, ar įmanoma sukurti investavimo į technologijų diegimą vertinimo modelį remiantis chaoso teorijomis. Analizės rezultatai rodo realių sprendimų priėmimo aplinkos problemas, kai investavimo į technologiją laiko langas atskiroms įmonėms yra ypač skirtingas, o informacija apie rinką ir technologijų diegimą yra beveik tokia pat. Akademines literatūros apžvalga rodo, kad GBM modelis gali būti taikomas apibūdinant mobiliųjų paslaugų paklausos kintamumą. Tai patvirtino ir disertacijos empirinis tyrimas. Pabrėžtina, kad GBM modelis nėra laikomas prognozės įrankiu, tačiau jis gali suprojektuoti paklausos dinamikos pokyčius neapibrėžtumo aspektu. Technologijoms esant rinkos galios šaltiniu, modelis leidžia įmonių vadovams palyginti sprendimų priėmimo laiko aspektus tarp konkurentų. Jei įmonės konkuruoja tokiu būdu, kai kiekvienos pelnas mažėja konkurentui įdiegus naują technologiją, tada įmonės turi ypač didelę finansinę paskatą diegti naujas technologijas, kai tik jos atsiranda, siekdamas išvengti pajamų kritimo ir išlaikyti konkurencingumo lygį.

9. Atsižvelgiant į pasirinktos technologijos analizės taikant universalų modelį rezultatus, empirinė tyrimo analizė apima retrospektyviųjų faktinių duomenų analizės laikotarpį nuo 2005 m. iki 2014 m. pabaigos ir modeliuojamą laikotarpį nuo 2014 iki 2024 metų (visas analizės laiko rėžis sudaro apie 20 metų (ketvirtiniai duomenys)). Gauti rezultatai atskleidžia svarbią įžvalgą dėl  $TF_c$  rodiklio, kurio vidutinis rezultatas analizuotoms įmonėms siekė 42,4 % (individualus kapitalo investicijų grąžos rodiklis) ir 40,3 % (vidutinis kapitalo investicijų grąžos rodiklis). Vadinasi, mobiliųjų (belaidžių) paslaugų teikėjams būdingas 24 ir 25 metų įmonės verslo gyvavimo ciklas (vertinant pagal 10 metų laikotarpio kapitalo investicijų grąžos rodiklius) technologijų kaitos aspektu. Šiuo laikotarpiu technologijų pokytis yra neišvengiamas. Taip pat tai reiškia, kad tokio tipo įmonių gyvavimo ciklas su strateginiais kritinės svarbos ištekliais – pagrindinėmis technologijomis – turėtų būti vertinamas 24–25 metų laikotarpiu (o ne įprastu 5 metų trukmės vertės nustatymo laikotarpiu). O įmonėms, kurioms būdingas  $TF_c$  yra didesnis nei 90 %, vertinimo laikotarpis turėtų būti iki 10 metų. Šiuo atveju įmonės susiduria su rizikingesnėmis laisvųjų pinigų srautų ir raidos perspektyvomis. Galiausiai lemiamas veiksnys vertinant įmonės vertę ir perspektyvas yra pagrindinių išteklių gyvavimo ciklo trukmė. Šiuo tyrimu nustatytas laiko rėmas mobiliosiomis (belaidėmis) technologijomis grįstoms įmonėms, kuris galėtų būti laikomas įmonės verslo ciklo laikotarpiu naujų technologijų diegimo ir keitimo požiūriu.

10. Atsižvelgiant į pasirinktos technologijos empiriniame tyrime universalaus modelio taikymą, rezultatai leidžia apibrėžti įmonių investavimo į technologijas strategijas ir apibendrinti rinkos lango trukmės

įverčius. Rinkos dalyviai pasiskirsto pagal investavimo laiko langus ir yra skirstomi į grupes, kur investavimo strategijos gali būti apibūdinamos finansiniais parametrais: pionieriai-inovatoriai, turintys mažiausią kapitalo technologinių investicijų ir pajamų santykį (13,24 %) ir didžiausią EBITDA (44,06 %), palyginti su pragmatikais (31,53 %) ir sekėjais (28,35 %). Tai gali būti paaiškinama ilgesniu investavimo laikotarpiu, kai skaičiuojant EBITDA atsižvelgiama į nusidėvėjimo sąnaudas. Kita vertus, vėlyviausi rinkos dalyviai turi didžiausius kapitalo technologinių investicijų ir pajamų santykius (23,61 %) ir beveik tuos pačius EBITDA dydžius kaip inovatoriai – 41,18 %. Taigi kapitalo technologinių investicijų ir pajamų santykis, kaip kintamasis, atspindintis kapitalo technologinių investicijų atsipirkimo terminus, šio modelio kontekste gali būti objektyviausiai naudojamas rodiklis nustatyti investavimo į technologijas laiko langui. Atitinkamai parodoma, kad rinkos intervencijų išplėtimas padidina ketinimą investuoti.

11. Tolesniuose tyrimuose būtų siekiama pakoreguoti kompleksinio technologijoms diegti tinkamiausio laiko nustatymo modelio parametrus siekiant jį pritaikyti skirtinguose pramonės sektoriuose, skirtingoms technologijoms ir (ar) technologijų gyvavimo ciklo terminams. Taip pat ištirti kitas galimas specifines diskonto normas sprendimų vertės nustatymo kontekste.

## **MOKSLO STRAIPSNIAI DISERTACIJOS TEMA**

### **Tarptautinėse duomenų bazėse esančiuose mokslo leidiniuose paskelbti straipsniai**

1. Adamauskas, S., & Krušinskas, R. (2017). Optimal timing for technology shift in mature markets of mobile communication. *New strategies for innovative performance*. Strat. Change. John Wiley & Sons.
2. Adamauskas, S., & Krušinskas, R. (2016). Mobile 5G technology adoption investment timing decision makers clustering and willingness to invest under volatile demand changes. CBU International Conference Proceedings.
3. Adamauskas, S., & Krušinskas, R. (2013). Science and Technology Based Company, its Features and Relations to Environment. *Economics and Management*, 18(2), 209–217.

### **Konferencijų pranešimų medžiagoje paskelbti straipsniai**

1. Adamauskas, S. CBU international Conference “Innovations in Science and Education”. 2016 Prague, Czech Republic. Mobile 5G technology adoption investment timing decision makers clustering and willingness to invest under volatile demand changes.
2. Adamauskas, S. The International Conference “Economics and Management-ICEM”. 2013, Kaunas, Lithuania. Science and Technology Based Company, its Features and Relations to Environment.

## INFORMACIJA APIE DISERTACIJOS AUTORIŲ

### Išsilavinimas:

- 2012–2016 m. Kauno technologijos universitetas, ekonomikos mokslų daktaro laipsnis, finansų mokslas.
- 2009–2011 m. Kauno technologijos universitetas, ekonomikos magistro laipsnis, specializacija – draudimas ir bankininkystė.
- 2005–2009 m. Kauno technologijos universitetas, vadybos bakalauras, specializacija – finansų valdymas.

### Darbo patirtis:

- 2016–dabar UAB „Baltic Logistic Solutions“ („Sanitex“ grupė) finansų ir IT vadovas Baltijos šalims.
- 2013–dabar Kauno technologijos universiteto dėstytojas.
- 2013–2016 UAB „Baltic Logistic Solutions“ („Sanitex“ grupė) finansų analizės ir kontrolės vadovas.
- 2012–2013 m. AB „Swedbank“ stambių verslo klientų projektų vadovas.
- 2010–2012 m. AB „Swedbank“ verslo klientų vadybininkas.

**El. paštas** saulius@adamauskas.lt

## COMPREHENSIVE SUMMARY

### **The relevance of this topic**

Revolutionary changes in the market affect economic development and its growth rates. Within stochastic innovation processes uncertainties can be found that encompass generations of new technologies, their development and technological change environment. Over the last few decades academic research and literature were focused on technology development analysis, efficiency of usage, investment timing issues and integration within the business and economic environment. This means that technologies are multidisciplinary based interrelated phenomenon in-between different industries, supply chains, ecosystems and other social factors. Because of this, in the global volatile environment competing companies, where activity is based on technological resources, are forced to make strategic technology management decisions. Thus, innovations and technology development paradigms become inseparable parts of the global economy development process. From this point of view, these paradigms could be considered as a competitive advantage. The variety of technological achievements in different economic sectors, such as information technology, chemistry, energy, medicine, electronics and many other industries, has led to rapid changes, which directly constrain the forecasting and predicting of the previously mentioned developments and the aggregation of those paradigms. For these reasons, companies are faced with having to integrate technology adoption, development and upgrading issues into their strategic decision processes in order to maintain and increase their competitiveness. Due to the volatile environment, companies follow every innovation, and are forced to invest in risky projects in order not to miss out on possible technological leaps in the market, and implement as well as commercialise new technology more rapidly than ever before.

Technology upgrades, turnover or changes are complex processes related with the high risks involved in organisational systems, processes, products and/or services and industry. Consequently, those companies that aim to manage technological risks and in this way keep their competitiveness have to take a variety of factors into consideration, which includes the company's internal resources and macroeconomic factors, such as demand, production, industry and technology life cycles, social environment, etc. The analysis of academic literature showed technology investment or adoption timing issues as one of the most crucial factors for optimal technological change management when seeking successful products and/or services, staying competitive in the market and financial sustainability at the same time. Certain technological management decisions could be implemented only after some time, because technologies were developing faster than industry.

From a theoretical company's financial management point of view, each strategic decision must result in an increase of the company's value. Thus,

companies face a problem of adopting new technology at the optimal time so it drives an improvement in competitiveness, the creation of value for the company, investment payback targets planning, building reactivated business models, etc. These issues are more complicated for a mature market, where demand changes can be modelled with uncertain presumptions, because competition is very acute and technology investments are irreversible.

### **The scientific problem and the level of investigation**

Many fundamental works dedicated to solving the problems that are related with the development of technologies at the theoretical level were created. Authors such as Schon (1967), Friar and Horwitch (1985), Bohn (1994), Drejer (2000), Stock and Tatikonda (2000), Perez (2001, 2002, 2009), Jaffe et al. (2002), Rogers (2003, 2010), Ireland and Webb (2007), Rothaermel (2008), Heffner and Sharif (2008), Kaplan and Tripsas (2008) and Tan et al. (2009) made a fundamental background and benchmark for theoretical and practical studies. Well known authors, who continued in the technology change environment analysis are Jones (2005), Mokyr (2005), Crabtree (2006), Grossmann and Steger (2007), Teixeira (2012), Gorodnichenko and Schnitzer (2013) and others. They analysed fundamental sources of economic growth and development emphasising the technological fields and learning technology catch-up opportunities.

In the review of life cycles in economy process academic literature, insights were emphasised by Urban and Hauser (1993), Nito et al. (1998), Aitken et al. (2003), Foxon (2003), Werker (2003), Chang et al. (2006), Murmann and Frenken (2006), Halsnæs et al. (2007), Haupt et al. (2007), Hsueh (2011), Verganti (2011), Taylor and Taylor (2012), Pol (2012), Shahmarichatghieh et. al (2015), Lobel et al. (2015) and others.

Market timing decisions cover multi-disciplinary issues in strategic managerial management processes. Definitions of optimal timing were frequently found, especially in the academic literature of the last few years, involving a variety of underlined elements by Krušinskas and Vasiliauskaitė (2005), Krušinskas (2008), Moon (2010) Wong (2010, 2011), Henderson (2010), Butler et al. (2011), Svensson et al. (2011), Yagi and Takashima (2012), Bolton et al. (2013), Chou et al. (2014) Hagspiel et al. (2015) and others.

In the academic literature, many factors causing technological changes are taking into consideration. These factors are known as drivers, which affect the decision making process, according to Ellis and Shpielberg (2003), Chambers (2004) and Vasauskaite (2013) and are determined as mobile production, rapid technological development, constant search of the optimal price and quality ratio, saturated markets, globalisation of investments and the markets, market fragmentation and shorter life cycles of technological monopolies. Meanwhile, as was pointed out by Chen and Ma (2014), most of the literature on technology

adoption is from the perspective of the psychology-based acceptance of new technologies by individual users or organisations.

In today's technology intensive developing economy, companies are challenged to maintain competitiveness and offer customers a continuous line of innovative products and services based on the latest technology; thus, in technology intensive industries, investments in technology adoption are inevitable. Investment timing assessment methods and competitiveness evaluation methods were analysed by such authors as Scarso (1996), David et al. (2001), Krishnan and Loch (2005), Kor (2006), Bouis, Huisman, and Kort (2006), Pertile (2007), Bhaskaran and Ramachandran (2011), Jakšić and Jakšić (2012), Martinez (2013), Hori and Osano (2013), Biagini et al. (2014) and others. In general, authors focus on the concept of technological innovations, their efficient models in different industries and the aspects of value creation for the company.

From a variety of timing studies, different types of decision support models were investigated by Bar-Han and Maimon (1993), Benaroch and Kauffman (1999), Krušinskas and Vasiliauskaitė (2005), Kamarianakis and Xepapadeas (2006), Mukherji et al. (2006), Ngwenyama et al. (2007), Huang and Da (2007), Wickart and Madlener (2007), Pertile (2007), Wong (2010, 2011), Moon (2010), Henderson (2010), Shibata and Nishihara (2011), Whalley (2011), Yagi and Takashima (2012), Bolton et al. (2013), Wong and Yi (2013), Nishihata and Shibata (2013), Feil and Musshoff (2013), Kim et al. (2014), Jeon and Nishihara (2014) and others.

In general, research and development innovations empower a company to increase productivity by creating new products, improving their quality or reducing existing costs. Even more, science, technology and innovation affect society and its development level by growing GDP, creating and/or optimising new jobs, increasing a country's image in comparison with other countries and create a relevant environment for other businesses, which starts the circle again. Moreover, research and development innovations could produce a positive spillover effects in other companies, sectors, and countries, which could be very significant in a country's economic development. Technological innovation is a result of the interaction of R&D and entrepreneurial dimensions, executed in the network of knowledge creating organisations. Thus, it shows the growing importance of timing, marketing, quality management, investments, etc. Because of this, it is very important to identify such companies and environment issues, which are required to keep and maintain S&T and R&D activities. It is necessary to examine, identify and develop a company's unique set of resources and capacities, to assimilate the opportunities provided by the environment and to avoid the restrictions imposed by the company's internal assets. In general, after the scientific literature analysis, a lack of fundamental and practically implemented studies regarding investment timing valuation models in terms of interfaces between customer behaviour expressed by market demand changes,

companies' strategic internal managerial decisions under the influence of technology timing and valuation of technology investment was identified. All these fields are interrelated and interconnected between each other and should be analysed together.

The academic literature review formed a **scientific problem**, which deals with the question of how to make a comprehensive assessment of technology adoption investment timing decision for competing companies under market changes.

**The research object** is a technology adoption investment timing decision making process.

**The aim of the research** is to construct a comprehensive technology adoption investment timing valuation support model.

### **The research tasks**

The aim of the dissertation includes the following tasks:

1. To examine different concepts of technologies, emphasising the significance of technologies on the development of economics.
2. To investigate the peculiarities of the optimal investment timing conception in terms of demand uncertainty valuation and the technology life cycle determination.
3. To develop the model of optimal time selection for the adoption of new technology.
4. To perform empirical testing of the model that was developed to select the optimal time for the technology adoption investment on the basis of the results of empirical applications.

### **The research methods**

The following research methods were used in this dissertation:

1. The analysis of the processes for adopting new technologies in the enterprise, and the systemic and comparative analysis of conceptions, methodologies and conclusions, published in scientific literature.
2. The Geometric Brownian Motion method based on the Monte Carlo simulation method was applied for predicting demand fluctuations in projected future periods.
3. The Hodrick-Prescott filter was applied for technology life cycle determination.
4. To conduct the research on the application of the model, mathematical and statistical methods of data processing were used applying STATISTICA, E-views 6 and Microsoft Excel software for the analysis of statistical data.



## **The research structure**

The logical structure of the dissertation research was determined by the sequence of solving tasks intended for achieving the research aim, reflected in the tree main parts of the work:

*In the first part of the dissertation* the concept of technology investment assessment environment is defined; the changes of technology definitions due time course are distinguished; the main and general concepts of technology, technological change and the effect on economic growth are described as well as definitions and stages of product, industry and technology life cycles. A conceptualisation of technology life cycles and its generation and technology adoption investment timing management are distinguished within the main factors causing technological changes. The importance of the technology adoption investment timing concept is analysed. The economy is expressed as a combination of demand or supply complexity in terms of technological change in order to perceive the best possible time for innovation deployment. Such environment forces companies to exploit demand and the factors under which demand uncertainty can be expressed and described, and even future possible demand changes under the influence of technological change, or in other words historical development analysis of product and/or service with demand paths volatility are analysed. Technology adoption investment timing assessment methods and competitiveness methods are overviewed with a theoretical definition of science and technology based company and its evaluation indicators. Finally, the technology adoption investment decision process is described under the influence of uncertain market changes.

*In the second part of the dissertation* a comprehensive technology adoption investment timing decision valuation support model is constructed. The models' structure and structural elements are highlighted and analysed in depth. A summary of the results of the academic literature regarding technology adoption investment timing valuation support model parts, variables, methodologies and processes are distinguished. The main stages of the model are: (I) historic demand paths analysis; (II) applying of statistical data validity tests; (III) the forecast of data array using the Geometric Brownian Motion method based on the Monte Carlo simulation; (IV) determination of technology life cycle using the Hodrick-Prescott filter; (V) technology adoption time window determination; and (VI) a company value (NPV) calculation based on free cash flow changes.

*In the third part of the dissertation* the methodology of the empirical testing of a model for upcoming mobile 5G technology is formulated according to the model constructed in the second part. In the mobile network market, 5G mobile technology generation and its features are analysed in the period from 2005 Q4 to 2014 Q4; determination of average market revenues and wireless subscribers dynamics statistical validity tests are applied; forecasting of dynamics of market revenues, wireless subscribers and average revenues per subscriber is done using

the Geometric Brownian Motion method based on the Monte Carlo simulation for the upcoming 10 years; the determination of mobile technology life cycle using the Hodrick-Prescott filter is implicated and the 5G technology plateau moment determined in Y2024; the technology adoption time window determination for 18 selected competing mobile service providers (all the companies are operating in the European market); the decision value expressed by net present value calculations based on free cash flow changes are analysed; clustering of investors' roles for the companies analysed are done with the expected financial ratios. The selected companies are considered as science and technology based, therefore, after the constructed model has been successfully applied, research results empowered to highlight the investors' strategy roles with the specific financial characteristics and identify the technology adoption time window of 4.3 - 10.5 years before technology plateau moment in Y2024 for particular market players depending on the main resource life cycle expectancy, which was achieved through proportion of calculated companies' value and market capitalisation modelled using 10-years (period) ROCE ratios. According to the results, a technological strategic shift roadmap from mobile 4G to 5G technology was created. The research results also allowed the concluding remarks to be made about the mobile communications company's life cycle, depending on the main resource life cycle expectancy.

**The novelty of the research and its practical significance:**

1. The importance of the technology adoption investment timing is underlined and described. There is a lack of multidisciplinary based comprehensive optimal technology adoption investment timing models in academic literature.
2. The structure and the factors of technology adoption investment were identified and systematised including both internal company financial indicators and external market environment aspects such as demand expressed by total mobile service subscribers, market revenues and derivative – average market revenues per subscriber. The necessity for such specific indicators are highlighted by measuring technology adoption investment efficiency evaluation under market changes.
3. A new comprehensive model is constructed, based on the interrelated multidisciplinary parts: strategic decision making process, technology adoption investment valuation and modelling of macro-economic parameters under uncertainty.
4. The constructed model was empirically tested by selecting the optimal time for mobile 5G technology adoption investment in mature markets and evaluating the process, which starts with market analysis, definition of technology life cycle, companies' internal financial factors and strategic investors roles clustering within expected financial ratios. The

universality of the model is highlighted for other technologies successful adoption by amending and updating the model's parameters according to the specific financial and market data.

### **The structure of the dissertation**

The dissertation consists of a list of tables and figures presented in the dissertation, the glossary of terms used, introduction, 3 main parts, conclusions, references and annexes. The dissertation contains 126 pages (without 105 annexes) with 23 numerical formulas, 26 figures, 10 tables and 195 references.

UDK 330.341.1 + 339.13.017 + 519.86](043.3)

SL344. 2016-09-07, 2,75 leidyb. apsk. I. Tiražas 50 egz. Užsakymas 320.  
Išleido Kauno technologijos universitetas, K. Donelaičio g. 73, 44249 Kaunas  
Spausdino leidyklos „Technologija“ spaustuvė, Studentų g. 54, 51424 Kaunas