



VALENTAS GRUŽAUSKAS

**TIEKIMO GRANDINĖS
ATSPARUMAS
DARNIOS MAISTO
PRAMONĖS
KONTEKSTE**

DAKTARO DISERTACIJOS
SANTRAUKA

SOCIALINIAI MOKSLAI,
VADYBA (S 003)

Kaunas
2020

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

VALENTAS GRUŽAUSKAS

**TIEKIMO GRANDINĖS ATSPARUMAS
DARNIOS MAISTO PRAMONĖS KONTEKSTE**

Daktaro disertacijos santrauka
Socialiniai mokslai, Vadyba (S 003)

2020, Kaunas

Disertacija rengta 2016-2020 metais Kauno technologijos universiteto Ekonomikos ir verslo fakulteto, Ekonomikos, verslo ir vadybos akademiniame centre. Mokslinius tyrimus rėmė Lietuvos mokslo taryba.

Moksliniai vadovai:

prof. dr. Edita GIMŽAUSKIENĖ, (Kauno technologijos universitetas, socialiniai mokslai, vadyba – S 003), 2017-2020 m.

prof. dr. Mantas VILKAS (Kauno technologijos universitetas, socialiniai mokslai, vadyba – S 003), 2016-2017 m.

Lietuvių kalbos redaktorė:

Giedrė Elvyra Žalūdienė

„Giedrės vertimai“

Vadybos mokslo krypties disertacijos gynimo taryba:

prof. dr. Asta PUNDZIENĖ (Kauno technologijos universitetas, socialiniai mokslai, vadyba S 003);

doc. dr. Renzo AKKERMAN (Vageningeno universitetas, Nyderlandai, socialiniai mokslai, vadyba S 003);

doc. dr. Aurelija BURINSKIENĖ (Vilniaus Gedimino technikos universitetas, socialiniai mokslai, vadyba S 003);

doc. dr. Žaneta PILIGRIMIENĖ (Kauno technologijos universitetas, socialiniai mokslai, vadyba S 003);

doc. dr. Alina STUNDŽIENĖ (Kauno technologijos universitetas, socialiniai mokslai, ekonomika S 003).

Disertacija bus ginama viešame Vadybos mokslo krypties tarybos posėdyje 2020 m. Balandžio 9 d. 10 val. Kauno technologijos universiteto Rektorato salėje (K. Donelaičio g. 73-403, Kaunas).

Adresas: K. Donelaičio g. 73-402, LT-44249 Kaunas, Lietuva.

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

Disertacijos santrauka išsiųsta 2020 m. Kovo 9 d.

Su disertacija galima susipažinti interneto svetainėje <http://ktu.edu> ir Kauno technologijos universiteto bibliotekoje (K. Donelaičio g. 20, 44239 Kaunas).

IVADAS

Tyrimo svarba

Maisto produktų paklausa greitai auga dėl didėjančio pasaulio populiacijos skaičiaus ir ilgėjančio vidutinio amžiaus. Manoma, kad iki 2050 m. pasaulio populiacija pasieks 9,8 milijardo (Jungtinės Tautos, 2015 m.). Tačiau dabartiniai tiekimo grandinės valdymo metodai yra neefektyvūs ir jų rezultatai yra daugybė maisto atliekų. Kasmet beveik trečdalis maisto, pagaminto pasaulyje žmonėms suvartoti, yra nepanaudojamas arba patenka į atliekas. Besivystančiose šalyse 40% nuostolių atsiranda etapuose po derliaus nuėmimo ir perdirbant, tuo tarpu išsivysčiusiose šalyse daugiau kaip 40% nuostolių atsiranda mažmeninės prekybos ir vartotojų pakopose (Maisto ir žemės ūkio organizacija, 2011 m.). Maisto nuostoliai ir atliekos kasmet pasaulinei ekonomikai kainuoja apie 990 milijardų JAV dolerių (Europos Sąjungos Taryba, 2016 m.). Maisto tiekimo grandinės neefektyvumas daugiausia susijęs su dviem aspektais: vienu požiūriu tai yra sutrikimai ir dinamiška aplinka, o kitu požiūriu - tai tiekimo grandinės ilgis ir būtinumas daryti kompromisus tarp darnos ir ekonomiško funkcionavimo. Urbanizacija tęsis greitėjančiu tempu ir maždaug 70 procentų pasaulio populiacijos bus miestiška, palyginus su dabartiniais 49 procentais (United Nations 2015). Maisto tiekimo grandinės kompleksiskumas padidės, nes Jungtinės Tautos skatina SVV /smulkiojo ir vidutinio verslo/ bendradarbiavimą (smulkieji ūkininkai patenkina virš 70% pasaulinių maisto reikmių) (Maisto ir žemės ūkio organizacija, 2017 m.). Būtinumas daryti kompromisus maisto tiekimo grandinėje net dar labiau sumažina maisto atliekų lygius. „Kadangi visas ciklas nuo ūkio iki stalo yra suspaudžiamas, kad terminai būtų trumpi ir gamyba būtų efektyvi, tiekimo grandinės projektavimas turi stipriai remtis logistikos ir sandėliavimo funkcijomis, kurios numato transportavimą ir sandėliavimą, esant temperatūros režimui, ir didėjančią pažangių informacijos ir komunikacijos technologijų naudojimą. Neseni tyrimai teigia, kad, projektuojant greitai gendančių produktų tiekimo grandinę, reikėtų daryti kompromisą tarp transportavimo kaštų, nuostolių dėl deficito, saugojimo išlaidų, produktų atliekų ir numatomų nuostolių dėl laikymo terminų ir kokybės blogėjimo“ (Dani, 2015 m.). Magalhães et al. (2018 m.) atliko empirinį tyrimą, norėdami identifikuoti pagrindines maisto nuostolių priežastis. Jų tyrimas nurodė 15 pagrindinių maisto nuostolių priežasčių, tarp kurių 6 pagrindinės priežastys buvo svarbiausios, tai: infrastruktūros ir techninio valdymo stoka, neefektyvus sandėliavimo valdymas, koordinacijos ir pasikeitimo informacija, kainodaros strategijų bei reklamos valdymo stoka, perprodukcija ir neadekvatus paklausos prognozavimas (Magalhães, Luís, and Cristóvão 2018). Pastaruoju metu sparčiai įgyja pripažinimą labiau vietinės gamybos ir internetinio maisto prekių verslo modelių. Internetinės mažmeninės rinkos dydis 2016 m. buvo 1,17

trilijono JAV dolerių ir planuojama, kad iki 2020 m. jis išaugs iki 2,1 trilijono su metiniu vidutiniu 13,3% augimo tempu (Euromonitor International 2017). Tačiau šiuo metu paskutinės mylios pristatymai laikomi mažiausiai efektyviais elektroninėje prekyboje. Tiekimo grandinės „paskutinė mylia“ (angl. last-mile) yra mažiausiai efektyvi, sudaranti iki 28% visų logistikos kaštų (Ranieri et al. 2018). Pastovūs sutrikimai netgi dar labiau neigiamai įtakoja darnią maisto pramonės veiklą maisto nuostolių atžvilgiu. Kai kurie tyrėjai ginčija, kad nedideli sutrikimai (angl. disruptions) neįtakoja tiekimo grandinės procesų, tačiau Calvert ir Snelder nurodė, kad nedideli sutrikimai eismo ir transportavimo sistemose taip pat gali suvaidinti svarbų vaidmenį, sumažinant efektyvumą (Calvert and Snelder 2018). Patterson (2014 m.) teigė, kad įsivaizduojama, jog tvirta tiekimo grandinė gali efektyviai valdyti paklausos arba gamybos svyravimus (Patterson 2014). Tiekimo grandinės atsparumo tyrimas, atliktas Pasaulio ekonomikos forumo, parodė, kad 80% bendrovių susirūpinę dėl atsparumo, viena to priežasčių yra tai, kad 30% susiduria su informacinių technologijų problemomis (Forum 2013).

Mokslinės problemos tyrimo lygis

Norint padidinti tiekimo grandinės atsparumą, tyrėjai daugiausia rekomenduoja rengti tvirto tinklo tiekimo grandines, įgyvendinti lankstumo ir pertekliaus metodus bei skatinti bendradarbiavimą. Tinklo projektavimo požiūriu problema yra tame, kad šis metodas reikalauja daryti kompromisus tarp ekonominės naudos ir darnios veiklos, taigi svarbu apriboti kompromisus. Kita problema susijusi su tiekimo grandinės atsparumu yra tai, kad rekomendacijos yra įprastai teikiamos atsižvelgiant į makro lygio trikdžius, tačiau yra atlikta tik keletas tyrimų, kurie analizuoja mikro lygio trikdžius. „Yra žinoma, kad dideli trikdžiai gali turėti įtaką eismo ir transporto sistemoms, pradeda atsirasti supratimas, kad ir nedideli trikdžiai eismo ir transporto sistemose taip pat gali daryti įtaką mažinant tokios sistemos efektyvumą“ (Calvert and Snelder 2018). „Klientų keliavimo trukmė nėra deterministinė, bet yra nežinoma ir keičiasi per dieną priklausomai nuo eismo apimties ir kintančių įvykių tokių kaip eismo spūstys (Köster, Ulmer, and Mattfeld 2015)“. Todėl disertacija daugiau dėmesio skirs mikro negu makro lygio sutrikimams. Lankstumo ir pertekliaus metodai teigiamai įtakoja tiekimo grandinės atsparumą (Mensah and Merkurjev 2014), (Gonçalves and Chicareli 2014), (Chowdhury and Quaddus 2016), (Barroso et al. 2015). Kiti tyrėjai skatina bendradarbiauti ir dalintis informacija, drauge įgyvendinant lankstumo ir pertekliaus metodus, kad būtų padidintas tiekimo grandinės atsparumas (Jüttner and Maklan 2011), (Novotny and Folta 2013), (Scholten and Schilder 2015), (Nagashima et al. 2015), (Gonul 2015), (Tukamuhabwa et al. 2015), (Reyes Levalle and Nof 2015). Tačiau empiriniai duomenys rodo, kad bendradarbiavimas linkęs žlugti dėl strategijų, bendradarbiavimo technologijų stokos ir klaidingų įsipareigojimų lygių (Herczeg, Akkerman, and Hauschild

2018), (Adams et al. 2014), (Arvitrida et al. 2016), (Gunasekaran, Subramanian, and Rahman 2015), (Pettit, Croxton, and Fiksel 2013). Kad suvaldyti tiekimo grandinės kompleksiskumą į valdymo procesą reikia integruoti technologinius metodus. Tačiau tyrėjai nurodo, kad paprastai, įgyvendinant technologinę pažangą, trūksta organizacijos dimensijos (Hoske 2015). Adam et al. (2014), nurodė, kad bendradarbiavimas kaip tiekimo grandinės resursas yra kvestionuojamas dėl rūpesčių susijusių su bendradarbiavimo technologijomis. Arvitrida et al. (2016) pareiškė, kad įmonės strategija ir elgesys tiekimo grandinės bendradarbiavime yra vienos iš pagrindinių priežasčių, lemiančių tiekimo grandinės nesėkmę. Ambulkar (2015) analizavo tiekimo grandinės trikdžius iš strateginio požiūrio ir inovacijų perspektyvos, jo tyrimai atskleidė, kad „Įmonės gali būti įsipareigojusios inovacijoms, tačiau įsipareigojimo, kurį jie skiria, siekdami skatinti inovacijų pastangas, lygis tinkle gali skirtis. Jeigu tiekėjai yra netinkamai integruoti arba jeigu yra įmonės strategijų nesuderinimas, dėmesys inovacijoms gali vesti į mažesnę koordinavimo lygį tiekimo tinkle ir dėl jo į didesnius trikdžius“. Todėl svarbu išvystyti valdymo struktūrą, kuri skirtų dėmesį bendradarbiavimui, technologijų diegimui, dėl to reikalinga išvystyti metodologinę prieigą šios valdymo struktūros praktiniai realizacijai.

Tyrimo objektas – Tiekimo grandinės atsparumas darnios maisto pramonės kontekste

Tyrimo klausimas – Kaip sustiprinti tiekimo grandinės atsparumą darnios maisto pramonės kontekste per dalinimąsi informacija, pritaikant kibernetines – fizines sistemas?

Pagrindinis disertacijos tikslas – Parengti tiekimo grandinės atsparumo valdymo modelį darnios maisto pramonės kontekste per dalinimąsi informacija, pritaikant kibernetines – fizines sistemas.

Uždaviniai:

1. Konceptualizuoti tiekimo grandinės atsparumą darnios maisto pramonės kontekste;
2. Sukurti tiekimo grandinės atsparumo metodų įvertinimo modelį darnioms maisto tiekimo grandinėms;
3. Apibrėžti agentų-pagrįsto modeliavimo filosofiją ir metodologinę prieigą, pritaikytą darnios maisto pramonės tiekimo grandinės analizei;
4. Identifikuoti pagrindinius maisto pramonės scenarijus, siekiant pagrįsti siūlomą valdymo modelį;
5. Pritaikyti agentais-pagrįstą modelį darnių maisto tiekimo grandinių lankstumo prieigai;

6. Pritaikyti agentais-pagrįstą modelį darnių maisto tiekimo grandinių pertekliaus prieigai;
7. Pasiūlyti atsparios tiekimo grandinės valdymo modelį darnios maisto pramonės kontekste.

Naujumas ir teorijos neištirtumas

Disertacijoje pagrindinis teorinis neištirtumas užpildomas, rekomenduojant tiekimo grandinės valdymo metodus sutrikimų aplinkai, kadangi dauguma anksčiau sukurtų metodų buvo sukurti, esant stabilioms sąlygoms. Šiuo tikslu buvo padarytos žemiau išvardintos teorinės prielaidos, kurios buvo pagrįstos empirinio tyrinėjimo skyriuje:

1. Maisto tiekimo grandinės kompleksiskumas auga ir jį galima suvaldyti, pritaikant kompleksinių-adaptacinių sistemų teoriją;
2. Tiekimo grandinės atsparumas teigiamai įtakojamas tokių gebėjimų kaip lankstumas ir perteklius;
3. Dalinimasis informacija, kuris gaunamas kaip bendradarbiavimo rezultatas, padidina lankstumo ir pertekliaus efektyvumą;
4. Jei negalima suvaldyti sutrikimų, jie sukelia raibulių poveikį pasroviui, įtakodami darnią tiekimo grandinės veiklą;
5. Sutrikimai maisto tiekimo grandinėje sukelia maisto kokybės blogėjimą ir maisto atliekų padidėjimą;
6. Sprendimų priėmimo proceso kompleksiskumas ypatingai didėja, dėl to tiekimo grandinės valdyme būtinas kibernetinių-fizinių sistemų įgyvendinimas.

Remiantis mokslinės literatūros analize ir empiriniais duomenimis, buvo nustatyta tiekimo grandinės atsparumo įtaka maisto pramonės darniai veiklai. Nustatytas ryšys parodė, kad bendrovės, norėdamos suvaldyti savo procesus, turėtų sutelkti pastangas į lankstumo ir pertekliaus metodų įgyvendinimą, skatindamos dalinimąsi informacija bei kompleksiskumo valdymui taikydamos kibernetines-fizines sistemas. Šioje disertacijoje rekomenduojama integruoti kibernetines-fizines sistemas į maisto tiekimo grandinę. Kibernetinės-fizinės sistemos integracija turėtų padėti surinkti informaciją, ją išanalizuoti ir leisti pačiai sistemai ją panaudoti be žmogaus įsikišimo. Kibernetinių-fizinių sistemų įgyvendinimas tiekimo grandinės valdyme tik neseniai susilaukė dėmesio mokslinėje literatūroje (Klötzer and Pflaum 2015). Tyrimo rezultatai šiuo prisideda prie tiekimo grandinės valdymo teorijos:

1. Tyrimas koncentruojasi labiau į kasdienius sutrikimus, o ne į force majeure /nenugalimos jėgos aplinkybes/, jie tik neseniai susilaukė pripažinimo mokslinėje literatūroje;
2. Sąryšis tarp atsparumo ir darnos maisto tiekimo grandinėje išreiškiamas skaičiais įvairiuose scenarijuose;
3. Siūlomas valdymo modelis integruoja technologinį požiūrį su organizacine dimensija;

4. Lankstumo ir pertekliaus priedų įgyvendinimas maisto tiekimo grandinės valdyme kartu su kibernetinėmis-fizinėmis sistemomis ir dalinimusi informacija padeda palaikyti geresnę maisto kokybę bei aukštesnius mitybos lygius.
5. Siūlomas valdymo modelis leidžia automatizuoti taktinius ir operacinius maisto tiekimo grandinės lygius, tuo tarpu valdydamas procesus per strateginio lygio kintamąsias. Šis metodas suteikia pritaikymo savybes maisto tiekimo grandinei ir sukelia atsparumo ir darnos susidarymą. Tačiau strateginio lygio kintamosios bus apibūdintos ateities tyrimuose, ši disertacija apsiriboja operaciniu ir taktiniu lygiais.

Tyrimo metodologija

Tiekimo grandinės atsparumo koncepcija turi nelineinę priklausomybę ir ribotą turimų duomenų kiekį, taigi socialinės simuliacijos yra pasirinktos pagrindiniu tyrimo metodu (Davis, Eisenhardt, and Bingham 2007). Tyrimo metodologija teorijos kūrimui pagrįsta generatyviniu požiūriu, kuris naudoja pirmuosius principus, kurie gali sukurti bendrą teoriją, generuoti konkrečiai duomenų grupei (Conte and Paolucci 2014). Šioje disertacijoje antrinių duomenų analizė naudojama, siekiant parengti įvesties duomenis simuliacijai, vėliau įdiegiamas agentais-pagrįstas modeliavimas, siekiant išmatuoti lankstumo ir pertekliaus priedų efektyvumą darnai skirtinguose maisto pramonės scenarijuose. Modelis realizuotas abstrakčioje aplinkoje, kurią sudaro įvairūs maisto pramonės scenarijai. Sutrikimai aplinkoje simuliuojami per transporto grūstis ir istorinius pardavimų duomenis. Galiausiai apibrėžiamas sąryšis tarp agentų, nagrinėjant elektroninio maisto prekių verslo modelio operacijas (Hübner, Kuhn, and Wollenburg 2016).

Tyrimo apribojimai

1. Tyrimas sukoncentruotas į maisto tiekimo grandinės procesus, pradedant paskirstytoju ir baigiant galutiniu vartotoju, ir supaprastina derliaus nuėmimo ir apdorojimo darbus.
2. Tyrimas atliekamas pagal elektroninės komercijos paskirstymo strategiją, kurios metu vartotojai dažnai grąžina produktus atgal gamintojui. Šioje disertacijoje atsižvelgiama tik į produktus, kurie nebuvo pristatyti laiku, ir į ją neįtraukti produktai grąžinti galutinių vartotojų. Taigi disertacijoje neanalizuojami reversinės logistikos aspektai.
3. Empirinėje tyrimo dalyje pasirinktas bendras metodas, orientuotas labiau į produktų kategoriją, negu į konkrečius maisto produktus;
4. Siūlomas metodas labiau sutelkia dėmesį į sąryšį tarp organizacijų, negu į atskiras organizacijas, tačiau, norint išanalizuoti makro lygio rezultatus, o ne atskirą elgesį, naudojama agentais-pagrįsta modeliavimo metodologija;

5. Agentais-pagrįsti modeliai naudoja paskirstymo funkcijas, simuliacijoje labiau pritaikytas empiriniams duomenims, negu realiams. Apskritai agentais-pagrįsto modeliavimo metodologija jautri įvesties duomenims.
6. Sukurto valdymo modelio dėmesio centre – bendradarbiavimo integravimas su taktinio ir operacinio lygio sprendimais, tik minimaliai nagrinėjant strateginio lygio sprendimus.

Tyrimo rezultatų publikavimas

Tyrimas buvo publikuotas 19 publikacijų (Web of science ir Scopus 7 publikacijos) ir pristatytas 6 konferencijose.

DISERTACIJOS APŽVALGA

1. DARNI IR ATSPARI MAISTO TIEKIMO GRANDINĖ

1.1. DARNIOS MAISTO PRAMONĖS KONCEPTUALIZAVIMAS

Viena iš svarbiausių pramonės šakų, kuri susidurs su iššūkiais ateityje, yra maisto pramonė. Vartotojas reikalauja aukštos kokybės maisto, kuris būtų ekologiškas ir atitiktų jo poreikius. Ypatingai, ypač JAV, auga nutukimo problema. Deja, problema iki šiol nėra išspręsta ir ateityje ji netgi gali būti dar didesnė dėl keleto priežasčių.

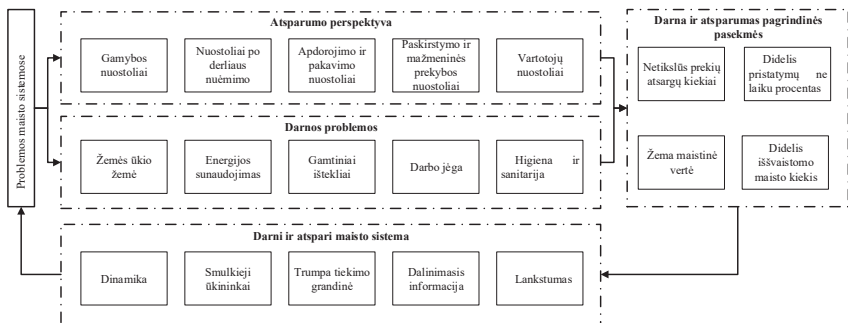
Visų pirma, manoma, kad pasaulio populiacija iki 2050 m. pasieks devynis milijardus (Parfitt, Barthel, and Macnaughton 2010), o tai padidins ne tik maisto paklausą, bet ir būtinybę sutrumpinti gamybos terminus. Vartotojams reikia ne tik įvairių, bet taip pat ir ekologiškų maisto produktų, kurių sudėtyje kuo mažiau chemikalų ir pesticidų. Akivaizdu, kad dėl šių problemų auga paklausa ekologiškam maistui. „Pasauliniu mastu prognozuojama, kad šviežio maisto didmeninė prekyba išaugs 17% per 2017-2022 metus, vidutiniam metiniam augimo tempui didėjant 3%“ (International 2018). Šiuo metu maisto pramonėje yra didžiulės problemos, nes gamybos terminai ir skaidrumas nepakankami, dėl to yra didžiuliai maisto nuostoliai. „Grubiai skaičiuojant, nuo ūkio iki stalo ketvirtis maisto kalorijų nepanaudojamos arba patenka į atliekas“ (Pasaulio išteklių institutas /WRI/, 2013 m.). Panašu, kad infrastruktūros stoka daugelyje besivystančių šalių ir blogi derliaus nuėmimo/auginimo metodai išliks pagrindinės maisto nuostolių atsiradimo priežastys (Parfitt, Barthel, and Macnaughton 2010). Taip pat turi įvykti perėjimas prie daugiau vietinių gamintojų, nes daugybė maisto produktų taip pat yra iššvaistoma tiekimo grandinės apdorojimo grandyje. „MŽŪO statistika rodo, kad beveik trečdalis maisto, pagaminto pasaulyje žmonėms suvartoti, kasmet nepanaudojamas arba iššvaistomas. Besivystančiose šalyse 40% nuostolių atsiranda etape po derliaus nuėmimo ir apdorojant, o išsivysčiusiose šalyse daugiau kaip 40% nuostolių atsiranda mažmenininkų ir vartotojų pakopose“ (International 2018). Kitas sunkumas, kuris laukia maisto pramonės, yra urbanizacijos lygis. Urbanizacija tęsis greitėjančiu tempu ir maždaug 70 procentų pasaulio populiacijos bus miestiški (palyginus su šiandieniniais 49 procentais) (Maisto ir žemės ūkio organizacija, 2015 m.). Taigi pastaruoju metu darnios maisto pramonės koncepcija įgijo daugiau pripažinimo.

Buvo nustatyta, kad maisto pramonė yra viena iš pagrindinių pramonės šakų ekonomikoje, nes ji susijusi su žmonių gerove. Dabartinės tendencijos verslo aplinkoje verčia maisto pramonę keisti jos valdymo metodus. Pagrindinės to priežastys yra didėjanti maisto paklausa, augantys urbanizacijos lygiai ir besikeičiantys vartotojų vartojimo ir gyvenimo būdo įpročiai. Buvo trumpai apžvelgtos pagrindinės mega maisto pramonės vystymosi tendencijos

ir nustatyta, kad, siekiant sukurti darnią maisto pramonę, svarbiausia sutelkti dėmesį į elektroninės komercijos paskirstymo kanalą ir inovacinės technologijos pritaikymą maisto pramonėje.

Norint užtikrinti darną maisto pramonėje, joje augantis kompleksiškas ir nerami aplinka reikalauja pritaikyti tinkamus tiekimo grandinės valdymo metodus. Elektroninės komercijos ir tiesioginio pristatymo į namus pritaikymas kelia maisto pramonei dar daugiau sunkumų. Tradicinė tiekimo grandinė, kuri susideda iš tiekėjų arba ūkininkų, gamybos ar apdorojimo įmonių, didmenininko, mažmenininkų ir prekybos centrų arba viešbučių-restoranų verslo infrastruktūros. E-komercijos tiekimo grandinėje žaidėjų skaičius yra mažesnis negu palyginus su tradicine. Šiuo metu didžioji maisto pramonės dalis taiko tradicinės tiekimo grandinės metodą, kuris reikalauja ilgo maisto produktų laikymo termino ir ilgo jų pristatymo laiko. Taigi dėl neefektyvių tiekimo grandinės procesų bei namų ūkio elgesio daugybė maisto iššvaistoma. Maisto nuostoliai ir jo iššvaistymas kasmet kainuoja pasaulinei ekonomikai maždaug 990 milijardų JAV dolerių (Europos Sąjungos Taryba, 2016 m.).

Efektyvus maisto tiekimo grandinės valdymas turėtų privesti prie darnios maisto pramonės vystymosi. Dėl didėjančio maisto pramonės kompleksiško tiekimo grandinės atsparumo koncepcija pastaraisiais metais sulaukė daugiau dėmesio. Kamalahmadi ir Parast (2016 m.) apibūdino tiekimo grandinės atsparumą kaip „tiekimo grandinės adaptacines galimybes sumažinti tikimybę susidurti su staigiais sutrikimais, pasipriešinti sutrikimų plitimui, palaikant struktūrų ir funkcijų kontrolę, bei atsigausti ir reaguoti skubiais bei efektyviais planais, veikiančiais taip, kad būtų nugalėtas sutrikimas ir tiekimo grandinė būtų atstatyta į tvirtą funkcionavimo būseną“ (Kamalahmadi and Parast 2016). Darni maisto sistema yra maisto sistema, kuri suteikia saugų ir maistingą maistą visiems taip, kad nedaromi jokie kompromisai ekonominiams, socialiniams ir aplinkosaugos pagrindams, kad atsirastų saugus ir maistingas maistas ateities kartoms (MŽŪO, 2018 m.). Disertacijoje mes traktuojame tiekimo grandinės atsparumą kaip metodą pasiekti darnią maisto pramonę. 2 paveiksle iliustruoja darnią ir atsparią maisto sistemą, kuri buvo sukurta, remiantis darnos ir atsparumo maisto sistemose tyrimais (Green, Worstell, and Canarios 2017), (Lamine 2015), (IPES FOOD 2015), (Magalhães, Luís, and Cristóvão 2018).



Pav. Nr. 2. Darni ir atspari maisto sistema

Buvo identifikuota, kad, siekiant susidoroti su svarstomomis kylančiomis problemomis, maisto pramonei turi būti pritaikytas elektroninės komercijos paskirstymo metodas. Buvo prieita prie išvados, kad, prieš maisto pramonei tampant darnia, pirma reikia pasiekti tiekimo grandinės atsparumą. Tradiciniai tiekimo grandinės valdymo metodai buvo sukurti stabilėnei ir maŖiau sudėtingai aplinkai.

1.2. TIEKIMO GRANDINĖS VALDYMO YPATYBĖS

Maisto pramonės kompleksiskumas greitai didėja dėl sutrikimų, sutrumpinto tiekimo grandinės ilgio ir sprendimų tarp tiekimo grandinės narių daugėjimo. Taigi reikia labiau akcentuoti dabartinius tyrimus apie maisto pramonės darną ir atsparumą ir tiekimo grandinės valdymą.

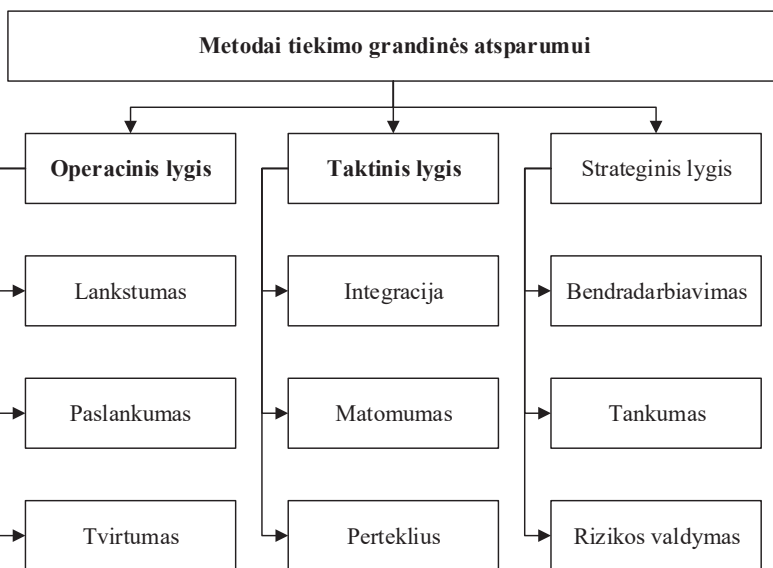
Tiekimo grandinės valdymas yra analizuojamas 8 pagrindiniais teoriniais poŖiūriais, kuriuos sudaro: transakcijų kaštų ekonomika, agentų teorija, resursais pagrįstas poŖiūris, nuo resursų priklausomas poŖiūris, tinklų teorija, suinteresuotųjų Ŗalių teorija, mainų teorija ir kompleksinių-adaptacinių sistemų teorija. Praeityje tiekimo grandinės valdymas buvo daugiausia analizuojamas transakcijos kaštų teorijos poŖiūriu, kuri siekė įgalinti dydŖio ekonomikos principus. Vėliau pagrindiniai tyrimai perėjo į resursais pagrįstą poŖiūrį, kuris skatino turėti išskirtinius resursus norint pasiekti tiekimo grandinės konkurencingumą. Dėl globalizacijos ir sparčiai besikeičiančios aplinkos Ŗiuo metu tinkamiausia teorinė prieiga norint analizuoti tiekimo grandinės valdymą yra kompleksinių-adaptacinių sistemų teorija.

Pastaraisiais metais dėl tendencijos sumaŖinti neigiamą poveikį aplinkai ir išlaikyti didesnę išteklių panaudojimą teko daugiau dėmesio tiekimo grandinės atsparumui. Ŗi koncepcija daugiau buvo tyrinėjama per aplinkosaugos ir strateginio lygio prizmę, tačiau tik nedaug tyrimų atlikta per sistemos atsparumo prizmę (Jabbarzadeh, Fahimnia, and Sabouhi 2018), (Murino, Romano, and Santillo 2011). Atsparumo koncepcija daugiausia analizuojama per force majeure prizmę, tačiau Calvert ir Snelder paŖymėjo, kad „Nedideli

eismo ir transporto sistemų sutrikimai taip pat gali vaidinti svarbų vaidmenį, sumažinant efektyvumą” (Calvert and Snelder 2018). Hofa ir Pawleski taip pat nurodė, kad transporto grūstys ir autoavarijos yra keletas sutrikimų aspektų tiekimo grandinėje, kurie sumažina sistemos efektyvumą (Hoffa and Pawlewski 2014). Dėl kompleksiško ir greitai besikeičiančios aplinkos tiekimo grandinei svarbu turėti gebėjimą greitai prisitaikyti prie sutrikimų. Buvo atliktas tik ribotas empirinių tyrimų, identifikuojančių sąryšį tarp atsparumo ir darnos, skaičius. Jei tiekimo grandinė negali susidoroti su sutrikimais, to pasekmė bus sistemos perprodukcija, kuri tiesiogiai padidins neigiamą poveikį aplinkai, sumažindama efektyvų išteklių panaudojimą. Iš vienos pusės, dėl šios problemos gali prireikti tiekti maisto produktus daugelį kartų, o tai pablogins produktų kokybę ir jų maistinių medžiagų lygį. Iš kitos pusės, jei tiekimo grandinė negali susidoroti su rinkos svyravimais, atsiras tendencija maisto produktų užsakyti per daug ar per mažai, o to rezultatas bus per didelių prekių atsargų susikaupimas. Tendall et al. konstatavo, kad darna yra sistemos funkcionavimo matas, o atsparumą galima traktuoti kaip būdą jai pasiekti sutrikimų metu, taigi atsparumas ir darna yra viena kitą papildančios koncepcijos (Tendall et al., 2015 m.). Disertacijos atveju mes sutelkiame dėmesį į tiekimo grandinės atsparumą, kuris yra maisto pramonės dalis, taigi matavimų ir pasiekimų prielaidos yra tos pačios, kurias apibūdino Tendall et al. (2015 m.), tačiau koncepcijos yra skirtinguose sistemų lygiuose.

Magalhães et al. (2018 m.) atliko empirinį tyrimą, siekdami nustatyti pagrindines maisto nuostolių priežastis. Jų tyrimas nurodė 15 pagrindinių maisto nuostolių priežasčių, kurių pagrindinės 6 yra infrastruktūros ir techninio valdymo stoka, neefektyvus sandėliavimo valdymas, koordinacijos ir dalinimosi informacija, kainodaros strategijų ir reklamos valdymo stoka, perprodukcija ir neadekvatus paklausos prognozavimas. Maisto atliekų sumažinimą galima traktuoti keliais aspektais pagal skirtingus mokslinių šakų požiūrius. Iš vienos pusės, problema glūdi strateginio lygio planavime tokiaime, kaip tiekimo grandinės projektavimas, susijęs su infrastruktūros vieta ir sandėliavimo zonos planavimu. Iš kitos pusės, problemos susiję su planavimu ir operacinio bei taktinio lygio veiklos koordinavimu. Šiuo atveju svarbu padidinti bendradarbiavimą ir skatinti tiekimo grandinės analitiką. Tiriant siūlomu tyrimo metodu, šis požiūris nuveda vienu žingsniu pirmyn bei pabrėžia, kad kasdieninis sprendimų priėmimo procesas turėtų remtis kompiuteriais, o ne žmonėmis, tai padidintų informacijos panaudojimo galimybes. Taigi galima prieiti prie išvados, kad nesant tiekimo grandinės atsparumo, neįmanoma pasiekti darnos maisto pramonėje.

Buvo išanalizuotos tiekimo grandinės galimybės, tačiau ši sritis yra vis dar nepakankamai ištirta. Antra problema yra tai, kad dauguma tiekimo grandinės atsparumo tyrimų yra teoriniai, o jų dėmesio centre yra didelės bendrovės (Tukamuhabwa et al. 2015).



Pav. Nr. 3. Metodai tiekimo grandinės atsparumui pasiekti

3 paveikslas – pagrindiniai tiekimo grandinės metodai, kurie yra suskirstyti kategorijomis, remiantis požiūriais į tiekimo grandinės atsparumą. Yra du pagrindiniai metodai atsparumui pasiekti. Iš vienos pusės, atsparumą galima pasiekti greitai reorganizuojant dabartinius išteklius: tai yra metodas pagrįstas lankstumu (Ponis and Koronis 2012). Kitas metodas yra padidinti išpareigojimą grandinei, surandant daugiau tiekėjų, padidinant prekių atsargų lygį, kuris vadinamas pertekliumi arba grandinės tvirtumo padidinimu (Leat and Revoredo-Giha 2013). Tyrime analizuojamos skirtingos galimybės, kurios gali padėti pasiekti tiekimo grandinės atsparumą. Viena iš labiausiai akcentuojamų galimybių yra bendradarbiavimas (Zhao et al. 2016), (Bosona and Gebresenbet 2011), (Kim, Chen, and Linderman 2015), (Wang et al. 2016). Bendradarbiavimas pagrįstas tam tikru apskaičiuojamumu, išpareigojimu ir gebėjimais. Grandinės nariai turi turėti tam tikras ypatybes, kurios leistų efektyviai bendradarbiauti. Šios ypatybės gali būti apibūdintos priklausančiomis nuo situacijos, pvz., geografinės padėties, pagrindinės pramonės šakos ir t.t. Bendradarbiaujančių narių išpareigojimo lygis gali teikti įvairią ekonominę ir konkurencinę naudą.

Bendradarbiaujantys gali išpareigoti dalintis bendra informacija, įrengimais ar rengti strateginius planus su kitais bendradarbiaujančiais nariais. Bendradarbiavimo nauda ir metodai buvo plačiai ištyrinėti, tačiau pagrindinė tyrimų spraga yra ta, kad labiausiai akcentuojama atsparumo strategija yra pagrįsta bendradarbiavimu, kuris leidžia tiekimo grandinės nariams dalintis informacija, išpareigojimais ir įgyti atsparumą. Tačiau ši strategija yra

pagrįsta neaiškiais išipareigojimais ir sumažina apyvartinio kapitalo apyvartos koeficientą, nes ji rekomenduoja įgyti lankstumą, didinant perteklių (Zhao et al. 2016), (Bosona and Gebresenbet 2011), (Kim, Chen, and Linderman 2015), (Wang et al. 2016). Didelis narių skaičius bendradarbiavimo procese gali suteikti geresnius efektyvumo lygius kaštų atžvilgiu, tačiau jis apriboja bendradarbiavimo gebėjimą susidoroti su sutrikimais, didindamas kompleksiskumą ir ribodamas matomumą. Siekiant įgyvendinti maisto tiekimo grandinėse sisteminių mąstymą, turi būti skatinamas bendradarbiavimas tarp tiekimo grandinės narių ir formuojami įforminti logistikos klasteriai. „Bendradarbiavimas užtikrina pasikeitimą informacija tarp tiekimo grandinės partnerių ir sumažina neaiškumus bei painiavą. Bendradarbiavimas dėl tinkamos partnerystės ir dalinimosi informacija ankstyvoje tiekimo grandinės operacijų stadijoje sumažintų neaiškumus ir painiavą“ (Gunasekaran, Subramanian, and Rahman 2015).

Jei maisto tiekimo grandinė turi prisitaikyti, būtinas logistinio klasterio suformavimas, nes smulkieji ūkininkai be jokios bendradarbiavimo formos būtų nustelbti tarptautinių korporacijų. Logistikos klasteris yra įformintas bendradarbiavimas, kuris sutelkia dėmesį į pasidalinimą informacija, įrengimais arba krovniais, siekiant suteikti pelningas masto galimybes klasterio nariams ar kitas vertybes. Šiuo atveju logistikos klasteris padidintų dalinimąsi informacija tarp tiekimo grandinės narių, o tai būtų panaudota paklauso prognozavimui, atliktam bendradarbiaujant. Šiuo požiūriu neseniai atlikto empirinio tyrimo rezultatai, rodantys, kad organizacijos nuolat praneša apie minimalų bendradarbiavimą, gamybinių pajėgumų perteklių ir minimalų lankstumą, kelia ypač didelį susirūpinimą (Pettit, Croxton, and Fiksel 2013).

Plati literatūros, susijusios su logistikos klasteriais ir dalinimusi informacija, analizė parodė, kad yra ribotas empirinių duomenų, susijusių su šiomis koncepcijomis, kiekis. Marshall (2015 m.) konstatavo, kad pasidalinimas informacija tiekimo grandinės valdyme vis dar yra besivystanti sritis (Marshall, 2015 m.). Lotfi et al. (2015) priėjo prie išvados, kad šiuo metu bendrovių viduje yra pasidalinimo informacija stoka, ir dėl to neefektyviai koordinuojami veiksmai tarp bendrovės ar organizacijos skyrių (Lotfi et al. 2013). Nagashima et al. (2015 m.) rašo, kad bendradarbiavimo stoka ypač neigiamai įtakoja prognozių tikslumą tuo tarpu, kai teigiami bendravimo poveikiai pasiekiami tik gyvybinio ciklo etapui ir produktų kategorijai (Nagashima et al. 2015).

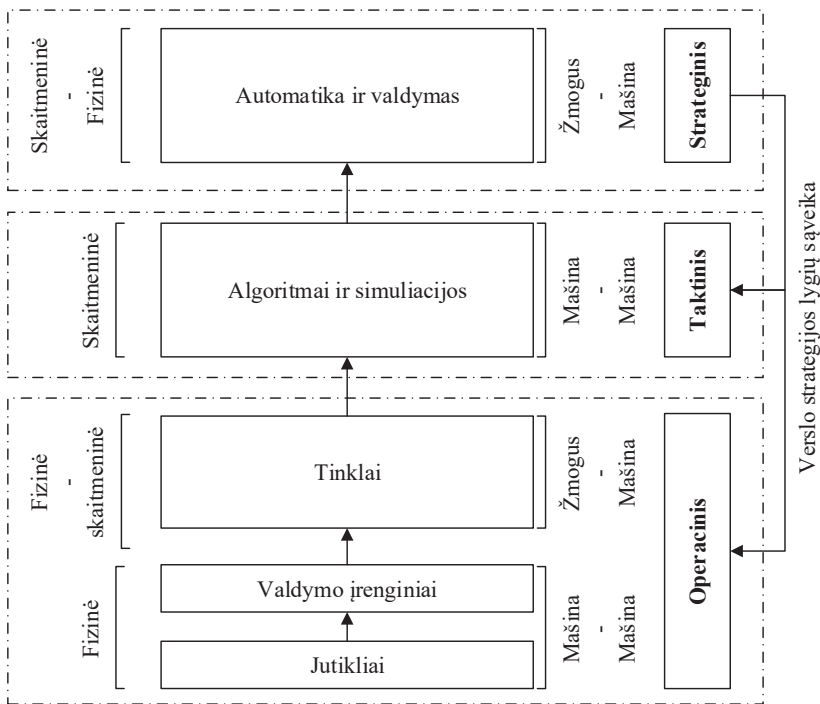
Tyrimai, atlikti iki šio momento, skatina bendradarbiavimą ir akcentuoja jo naudą. Tačiau kiti tyrimai konstatuoja, kad bendradarbiaujant yra tendencija patirti nesėkmę dėl išipareigojimų ir technologijos pritaikymo stokos. Įformintų klasterių suformavimas yra aukštesnės ir sudėtingesnės bendradarbiavimo formos pavyzdys.

Šios galimybės apima prieš tai aprėptus metodus grandinės atsparumui įgyvendinti. Pagrindinės galimybės, reikalingos integruoti Pramonės 4.0

konceptiją, yra: bendradarbiavimas, lankstumas ir perteklius. Yra skirtingi požiūriai į tai, kaip įmanoma pasiekti tiekimo grandinės atsparumą, tačiau tik keletas tyrimų analizuoja, kaip tiekimo grandinės metodų derinys gali įtakoti atsparumą. Be to inovacinių technologijų vystymasis įtakoja tiekimo grandinės galimybių koncepciją. Pramonės 4.0 koncepcijos vystymasis turi reikšmingą poveikį tiekimo grandinei. Ši koncepcija apima Daiktų internetą (IoT), kuris atsakingas už informacijos rinkimą, didelio kiekio duomenų analizę (informacijos apdorojimą) ir autonomines transporto priemones (informacijos panaudojimą) (Swafford, Ghosh, and Murthy 2008), (Chen, Cheng, and Huang 2013), (Navickas and Gružasuskas 2016), (Zhao et al. 2016), (Klötzer and Pflaum 2015). Tiekimo grandinės atsparumą galima pasiekti, integruojant bendradarbiavimą, pertekliaus ir lankstumo metodus kartu su inovacinėmis technologijomis tokiomis, kaip kibernetinės- fizinės sistemos.

1.3. KOMPLEKSIŠKUMO TEORIJS POŽIŪRIS DARNIAI IR ATSPARIAI MAISTO TIEKIMO GRANDINEI

Literatūros analizė parodė, kad kibernetinių-fizinių sistemų tyrimų skaičius proporcingai didėjo nuo 2011 m., kai buvo pradėta intensyviau reklamuoti Pramonės 4.0 koncepciją. Kadangi Pramonės 4.0 koncepcija pradėjo vystytis dėl būtinybės pagerinti kokybę ir teikti masinį pritaikymą, tyrimai daugiausia dėmesio kreipė į pažangias gamybos koncepcijas. Autoriai apibendrina tikslesnį kibernetinių-fizinių sistemų tipą bei esminius jų elementus, pagrįstus ankstesniais tyrimais, ir juos pateikė 16 paveiksle (Klötzer and Pflaum 2015), (Karaköse and Yetiş 2017), (Trappey et al. 2016), (He and Jin 2016), (Monostori 2014). Kibernetinių-fizinių sistemų bazinis lygis prasideda nuo jutiklių, kurie naudojami informacijai iš fizinio pasaulio surinkti.



Pav. Nr. 4. Kibernetinių-fizinių sistemų elementai

Po simuliacijos skaitmeniniame pasaulyje sprendimai yra perduodami į kibernetinių-fizinių sistemų automatikos ir kontrolės elementą. Šiame elemente sistema iš naujo įvertina algoritmų rekomendacijas, kad geriau pritaikytų jas strateginiam bendrovės lygiui. Po to galutinis sprendimas nukreipiamas į taktinius ir operacinius lygius, o tai leidžia sistemai veikti be žmogaus įsikišimo. Po to sistema išvysto adaptyviuosius gebėjimus, kurie atsiranda dėl informacijos ciklo nuo fizinio pasaulio į skaitmeninį ir po to atgal į fizinį pasaulį. Šis pasikeitimas informacija nebūtų įmanomas be žmogaus ir kompiuterio sąveikos, kompiuterio ir kompiuterio sąveikos ir

Pradžioje ekonomikos ir verslo tyrėjai bandė surasti efektyviausią pusiausvyrą, kuri padėtų bendrovėms pasiekti optimalų našumą, esant minimalioms sąnaudoms. Tačiau tuo metu prieigos analizavo reiškinius, sumažindamos kompleksiskumą ir sutelkdamos dėmesį į konkrečias problemas bei elementus. Dinamiškoje aplinkoje nėra tokios sąvokos kaip pusiausvyrą, nes aplinka pastoviai keičiasi ir yra netiesinė. „Kompleksiškumo ekonomika mato ekonomiką judėjime, nuolat „skaičiuojančią“ save – nuolat kuriančią save iš naujo.“ Jei pusiausvyros ekonomika akcentuoja tvarką, apibrėžtumą, dedukciją ir sąstingį, kompleksiskumo ekonomika akcentuoja nenumatytus

atvejus, neapibrėžtumą, ekonominį tikslingumą ir atvirumą pasikeitimams“ (Arthur 2013). Kad galėtumėme geriau suprasti verslo valdymą, būtinas kompleksiško mokslo pritaikymas, nes organizacijos pastoviai keičiasi ir pritaiko savo strategijas tuo metu rinkoje esančiai paklausai, daugiau nebėra stabilios aplinkos.

Norint geriau suprasti, kaip kompleksiško teorija tinka tiekimo grandinės valdymui, buvo identifikuotos ir tiekimo grandinėms pritaikytos kompleksinių-adaptacinių sistemų pagrindinės charakteristikos.

Lentelė Nr. 1. Kompleksinių-adaptacinių sistemų charakteristikos tiekimo grandinės kontekste

Charakteristika	Pasireiškimas
Decentralizuotas valdymas	Logistikos klasteris neturi centralizuoto valdymo
Tarpusavyje priklausomi agentai	Tarp tarpusavyje susijusių organizacijų vyksta daugkartinė sąveika
Netiesiškumas	Logistikos klasterių įtaka atsparumui ir darnai yra netiesinė, t.y., chaotiška
Neįmanoma detalai prognozuoti	Dėl pastovių sutrikimų logistikos klasteris tampa nestabilus
Prisitaikumas	Individualūs organizacijų sprendimai padidina atsparumą ir darną
Saviorganizacija	Organizacijos be centralizuoto valdymo sudaro struktūras ir nustato tvarką, t.y. padidina atsparumą ir darną
Atsiradimas	Individuali sąveika tarp organizacijų duoda pramonės lygio rezultatus

Pagal kompleksiško teoriją perspektyvi tiekimo grandinė gali būti apibūdinta kaip kompleksinės-adaptacinės sistemos. Kompleksinės-adaptacinės sistemos apibūdina 7 pagrindinės charakteristikos.

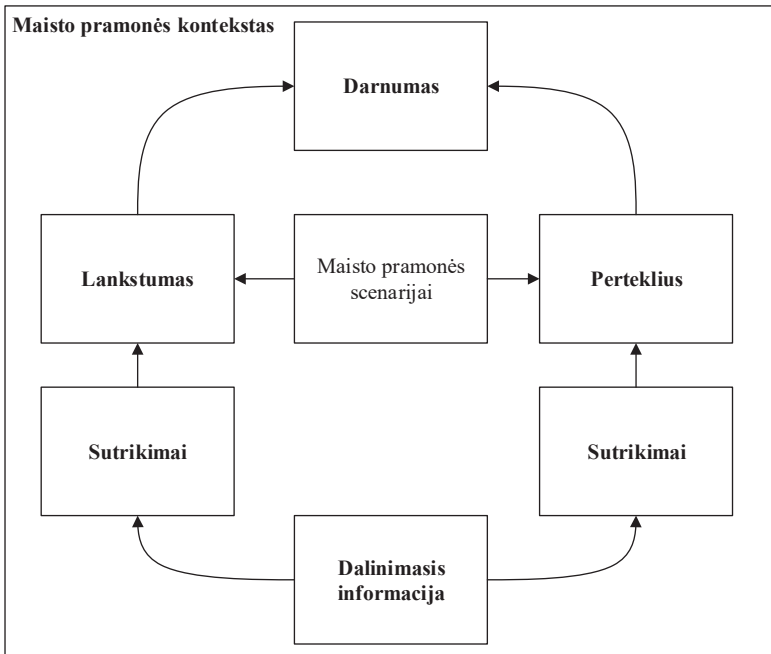
Baigiant reikia pažymėti, kad kompleksiško teorijos pritaikymas tiekimo grandinės valdymui pateikia labiau sistemingą valdymo priemonę, nes jis atsižvelgia į tarpusavyje ryšį tarp elementų ir neanalizuoja tiekimo grandinės elementų atskirai. Antra, pagrindinės išskirtos kompleksinių-adaptacinių

sistemų teorijos charakteristikos pateikia rekomendacijas organizacijoms, kurias charakteristikas reikėtų operacionalizuoti, kad galiausiai atsirastų darna.

1.4. DARNIOS IR ATSPARIOS MAISTO TIEKIMO GRANDINĖS KONCEPTUALIZAVIMAS

Disertacijos dėmesio centre – tiekimo grandinės valdymo modelio sukūrimas, kurį taikant būtų galima įgyvendinti darną ir atsparumą maisto pramonėje. Tyrimas iš esmės koncentruojasi į operacinio ir taktinio lygio operacijas, daugiausia į miestiškos logistikos aspektus. Daroma keletas prielaidų, pagrįstų procesais, vykstančiais žemės ūkyje, tačiau dėmesio centre nėra nei maisto atsargų valdymo, nei eismo grafikų sudarymo. Toliau tyrimas rekomenduoja skatinti pasidalinimą informacija tarp tiekimo grandinės narių. Surinkta informacija turėtų būti naudojama kartu su kibernetinėmis-fizinėmis sistemomis, kad galima būtų kontroliuoti tiekimo grandinės procesus. Bendradarbiavimas, taikant dirbtinį intelektą, suteikia tiekimo grandinės nariams gebėjimą prisitaikyti, o dėl to galiausiai susidaro darna. Kompiuterinis modeliavimas koncentruojasi į priklausomybės tarp tiekimo grandinės atsparumo prieigų tokių, kaip lankstumas ir perteklius link darnos, nustatymą. Modeliavimo atveju mano dėmesio centre yra maisto kokybės nustatymas kaip pagrindinis maisto pramonės darnos rodiklis.

Taigi pagrindinis koncepcijos modelis pateiktas 5 paveiksle. Modelis rodo, kad mes skatiname dalinimąsi informacija tarp tiekimo grandinės narių ir analizuojame dinamiškos aplinkos įtaką darnai. Analizė iš vienos pusės susideda iš lankstumo prieigos panaudojimo, o iš kitos pusės - pertekliaus prieigos panaudojimo. Lankstumo prieiga iš esmės įtakoja kasdieninių sutrikimų, o pertekliaus – greitai besikeičiančios aplinkos.



Pav. Nr. 5. Konceptijos modelis

Siūlomas valdymo modelis gali būti sėkmingai įgyvendintas tik tada, kai tiekimo grandinės nariai tarpusavyje dalinasi informacija. Ši informacija gali susidėti iš įvairių šaltinių tokių, kaip paklausa, eismo įvykiai ir t. t. Mūsų modeliavimo atveju mes iš vienos pusės sutelksime dėmesį į transporto srautą ir eismo įvykius, o iš kitos pusės - į paklausos svyravimus. Siekiant padidinti atsparumą eismo sutrikimų atveju, reikėtų įgyvendinti lankstumo priegą, kuri leistų matyti procesus ir greitį ir galima būtų greitai prisitaikyti prie sutrikimų. Paklausos svyravimų atveju tiekimo grandinės nariai galėtų pasidalinti paklausos istorijos informacija ir panaudoti ją, geriau numatant pasiruošimo lygį ir jį patobulinant, kad būtų susidorota su šiuo sutrikimų tipu. Šių priegų integracijos su dalinimusi informacija rezultatas padėtų palaikyti aukštesnį darnos lygį logistikos klasteryje. Tačiau, norint greitai suvaldyti šiuos sutrikimus, reikėtų įdiegti kibernetines-fizines sistemas, kurios padėtų surinkti informaciją iš tiekimo grandinės narių, analizuodamos ją, ir greitai panaudoti informaciją pačiai sistemai. Ši priega padidintų maisto lygio kokybę, panaudodama dabartinius išteklius efektyviau be papildomų lėšų. Siūlomo metodo pagrindimas bus pateiktas empirinių tyrimų skyriuje.

2. EMPIRINIAI TYRIMAI: ATSPARUMO IR PERTEKLIUS ITAKOS NUSTATYMAS DARNIAI MAISTO PRAMONEI

2.1. AGENTAIS-PAGRĮSTO MODELIAVIMO FILOSOFIJA IR METODOLOGINĖ PRIEIGA

Tiekimo grandinės valdymas gali būti analizuojamas daugiausia iš dviejų perspektyvų. Viena perspektyva yra verslo valdymas, kuris skiria pagrindinį dėmesį kiekybinėms priemonėms ir konkrečioms atvejo analizėms. Kita priemonė yra vadinama operacijų tyrimais, ji skiria didesnę dėmesį kompiuterinėms metodologijoms, kurios leidžia pagerinti sprendimų priėmimą. Įprastai verslo valdymo tyrimai akcentuoja socialines problemas, tuo tarpu operacijų tyrimai akcentuoja technologines problemas, šias dvi tyrimų priemones apjungianti sritis gali būti vadinama kompiuteriniu socialiniu mokslu. Kompiuteriniai socialiniai mokslai yra mokslo sritis, kuri siekia taikyti matematinės priemones, analizuojant socialinius reiškinius, verslo valdymą ir kitas su tuo susijusias problemas. Kompiuterinės simuliacijos yra gera metodologinė priemonė, analizuojant technologijas ir bendradarbiavimą, kadangi ji suteikia daug lankstumo (Harrison, Carroll, and Carley 2007). Kompiuterinės simuliacijos iš principo skirstomos į dvi pagrindines grupes: agentais-pagrįstą modeliavimą ir sistemų dinamiką. Sistemų dinamika siekia apibūdinti reiškinius per sistemos lygio kintamuosius, tuo tarpu agentais-pagrįstas modeliavimas - per mikro lygio procesus.

Verslo ir ekonomikos tyrimuose įprastai yra siekiama surasti pusiausvyros tašką, tačiau, analizuojant reiškinius per kompleksinių-adaptacinių sistemų teorijos priemonę, tai padaryti yra sudėtinga, kadangi tokio tipo reiškiniai yra netiesiniai ir kompleksiški. “Kompleksiškumo teorija mato ekonomiką kaip judesį, kaip nuolatos atsinaujinantį reiškinį. Pusiausvyros ekonomika akcentuoja tvarką, lemtingumą, dedukciją, statiškumą, o kompleksiškumo ekonomika akcentuoja atvejus, nenusipėjimą, sąmonę ir atvirumą pokyčiams” (Arthur 2013). Vystant teorines priemones, socialiniuose moksluose įprastai yra pasitelkiama dedukcinė arba indukcinė priemonė, tačiau taikant agentais-pagrįstą modeliavimą, yra pasitelkiama generuojanti priemonė. Ši priemonė siekia apibrėžti makro lygio procesus, generuoti duomenis ir analizuoti makro lygio duomenis, kurie padėtų apibūdinti pasirinktą reiškinį.

Agentais-pagrįstą modeliavimą sudaro keturios pagrindinės dalys. Pirmą dalis yra aplinka, kuri tiekimo grandinės kontekste gali būti apibūdinama kaip rinkos dydis, vartotojų skaičius, miesto tankumas, trikdžių intensyvumas ir kt. Kitas elementas yra agentai, kurie tiekimo grandinės kontekste gali būti tiekėjai, sandėliai, parduotuvės, sunkvežimiai ir pan. Trečias elementas yra ryšiai tarp agentų, kurie gali būti apibūdinti kaip bendradarbiavimo tipas, dalinimosi informacija lygis, maršrutų planavimo priemonė ir kt. Paskutinis

elementas yra pagrindiniai indikatoriai, kuriais yra matuojamas reiškinys, jie gali būti išreikšti kaštais, darnumu ir kt.

Sudarant valdymo modelį, bus sudarytas agentais-pagrįstas modelis, kurio metodologija bus pateikta tokiu mastu, kad būtų galima atskleisti reiškinį, bet nepakankamai detaliai, kad jį būtų neįmanoma interpretuoti ar apskaičiuoti. Praeityje agentais-pagrįsto modeliavimo praktiškai nebuvo galima realizuoti dėl per didelio duomenų kiekio ir kompiuterinių resursų, tačiau technologijų išsivystymo dėka tokio tipo kompiuterines simuliacijas tapo įmanoma realizuoti.

2.2. KRITERIJŲ NUSTATYMAS MAISTO PRAMONĖS SCENARIJŲ IDENTIFIKAVIMUI

Tiekimo grandinės atsparumo įtaka darnai bus nustatyta, remiantis agentais-pagrįsto modeliavimo principais. Siekiant sėkmingai atlikti kompiuterinę simuliaciją, reikia išanalizuoti ir suklasifikuoti maisto pramonės aplinką. Šiandieninėje dinamiškoje aplinkoje yra svarbu atsižvelgti į skirtingus scenarijus, kuriuose bus nustatyta priklausomybė. Dėl to bus atlikta maisto pramonės makro rodiklių analizė. Analizei buvo pasirinkta Europos Sąjunga su 25 šalimis. Keletas šalių buvo pašalintos iš analizės, nes trūko daug rodiklių dydžių. Pasirinktos ES šalys yra: Austrija, Belgija, Bulgarija, Čekija, Vokietija, Danija, Estija, Graikija, Ispanija, Suomija, Prancūzija, Kroatija, Vengrija, Airija, Italija, Lietuva, Liuksemburgas, Latvija, Nyderlandai, Lenkija, Portugalija, Rumunija, Švedija, Slovėnija, Jungtinė Karalystė. Pasirinkti statistiniai analizės duomenys buvo ištraukti iš Eurostato, jų dėmesio centre buvo žemės ūkis, maisto apdorojimas ir populiacijos statistika (Eurostat 2018a, 2018b, 2018c), o pasirinkti pagrindiniai rodikliai yra pagrįsti identifikuotomis maisto pramonės savybėmis tokiomis kaip rinkos dydis, konkurencingumo aplinka, populiacijos dydis ir tankumas.

Rodikliai susideda iš trijų pagrindinių tipų. Pirmoji rodiklių kategorija susideda iš: visos populiacijos, populiacijos tankumo, populiacijos, gyvenančios miestų ir miestų pakraščių zonose. Antroji kategorija susitelkia į žemės ūkio pramonę ir nagrinėja tokius rodiklius kaip naudojamas žemės ūkio plotas, ūkių skaičius, ūkių su naminiiais gyvuliais skaičius, ūkių gyvulių vienetai, gamybos apimties norma, darbo jėga ir importas/eksportas. Trečioji kategorija susitelkia į maisto apdorojimo sektorių ir nagrinėja užimtumą, įmonių skaičių, pajamas iš pagrindinės veiklos bruto, produkcijos vertę, apyvartą, pridėtinę vertę ir importą/eksportą. Turimų rodiklių laikotarpis buvo nuo 2005 m. iki 2015 m. Buvo įterpti trūkstantys dydžiai ir buvo paskaičiuoti visi rodikliai iki 2015 m., naudojant Facebook Prophet algoritmą (Taylor and Letham 2018). Po to, siekiant identifikuoti skirtingas galimybes pasirinktose šalyse, buvo pritaikytas k-vidurkio klasterių algoritmas. Klasterių skaičius buvo pasirinktas, remiantis alkūnės metodu, o pagrindimui buvo panaudotas

silueto koeficientas. Priskyrus duomenims klasterių ženklus, pagrindinėms grupių savybėms nustatyti buvo panaudotas sprendimo medžio klasifikatorius. Galiausiai buvo pateikta identifikuotų klasterių aprašomoji statistika.

Pirmausia, buvo atlikta makro rodiklių trūkstumų dydžių analizė. Iš analizės dėl daugumos trūkstumų dydžių buvo pašalintos keletas šalių, tęsiant su 25 ES šalimis. Vėliau duomenys buvo įterpti tarp žinomų dydžių. Po to, siekiant apskaičiuoti makro rodiklius iki 2015 metų, buvo pritaikytas praslėnkiančio laiko sekos algoritmas Prophet. Po pirminio duomenų apdorojimo ir paruošimo buvo pritaikytas k-vidurkio klasterių algoritmas, remiantis alkūnės metodu, buvo nustatytas optimalus klasterių skaičius ir jis buvo validuotas su 0,749 silueto koeficientas.

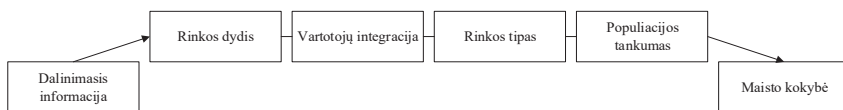
Pirmajam klasteriui priskirtos Vokietija, Prancūzija, Italija ir Ispanija, kuriose didelė populiacija, žemės ūkio gamybos apimtis ir maisto gamybos apimtis. Antrasis klasteris susideda iš Jungtinės Karalystės, Lenkijos ir Nyderlandų. Antrajame klasteryje mažesnė populiacija ir mažesnė žemės ūkio gamybos apimtis. Galiausiai dauguma šalių priskirtos 0 klasteriui, kuris susideda iš Austrijos, Belgijos, Bulgarijos, Čekijos Respublikos, Danijos, Estijos, Graikijos, Suomijos, Kroatijos, Vengrijos, Airijos, Lietuvos, Liuksemburgo, Latvijos, Portugalijos, Švedijos, Slovėnijos.

Išanalizavus makro rodiklius, galima prieiti išvadą, kad 0 klasteris susideda iš mažų rinkų su mažu populiacijos dydžiu ir dauguma jo populiacijos gyvena miestų pakraščiuose. 2 klasteris yra tarpinis, kuriame populiacijos dydis ir maisto pramonė mažesni. Svarbu akcentuoti, kad maždaug 44% gyventojų gyvena miestuose. Galiausiai 1 klasteris turi didelę populiaciją, didelę maisto gamybos apimtį ir maždaug 55% jo populiacijos gyvena miestuose. Tendencijos rodo, kad populiacijos tankumo prasme mažas ir didelis tankumas įtakoja paskirstymo strategijas. Be to klasteriuose radikaliai skiriasi įmonių, veikiančių žemės ūkio srityje ir gamybos pramonėje, skaičius. Dėl to, įgyvendinant pasiūlytą valdymo modelį, reikėtų atsižvelgti į šias skirtingas galimybes.

2.3. LANKSTUMO PRIEIGOS SIMULIACIJA DARNIAI MAISTO PRAMONEI

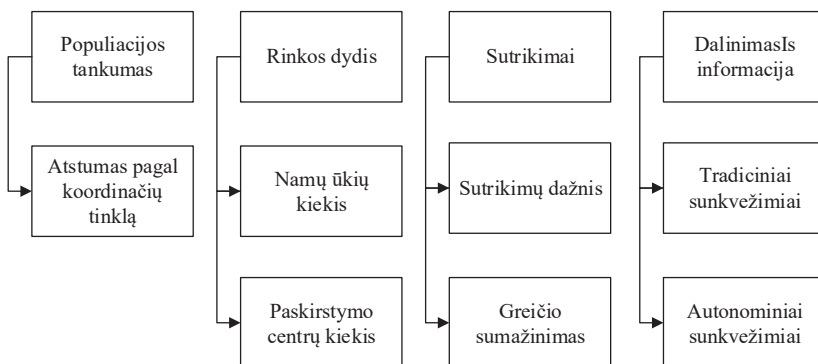
Agentais-pagrįsto modelio tikslas yra simuluoti maisto pramonės paskutinės mylios procesus ir nustatyti priklausomybę tarp atsparumo ir darnos. Šio tyrimo atveju sistemos atsparumas susijęs su sutrikimais, apibrėžiamais kaip eismo įvykiai, kurių neįmanoma numatyti pagal susistemintų duomenų analizę. Tuo tarpu darna yra maisto produktų kokybė ir maisto iššvaistymo lygiai. Dėl to idėjos tikslas suteikti sistemos prisitaikymo galimybes, kurios suteiktų atsparumą ir palaikytų aukštesnį darnos lygį. Modelio antrinis tikslas yra atlikti reagavimo laipsnio analizę, kad būtų

nustatyta priklausomybė tarp atsparumo ir darnos skirtinguose maisto pramonės scenarijuose.



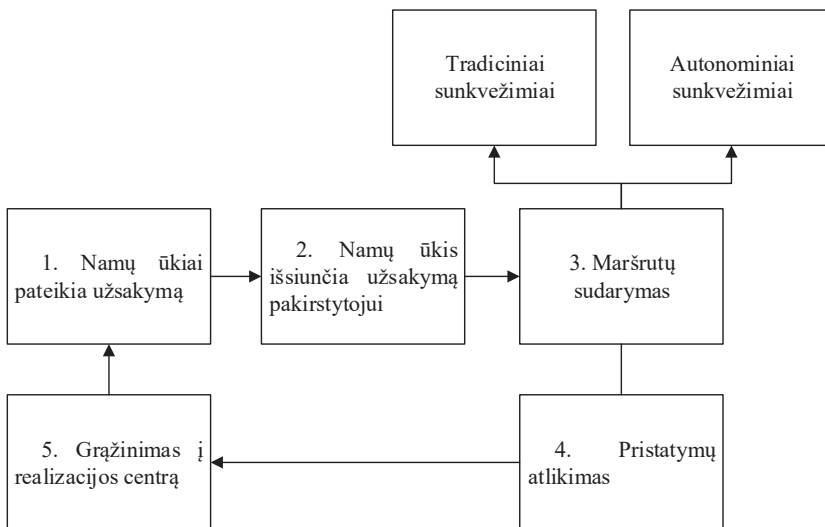
Pav. Nr. 6. Pagrindiniai klausimai svarstomi modelyje

6 paveiksle iliustruoja pagrindinį lankstumo prieigos klausimą, kurį galima apibūdinti taip: Kokia yra priklausomybė tarp pasidalinimo informacija ir maisto kokybės, keičiantis rinkos dydžiui, rinkos tipui, vartotojų integracijai ir populiacijos tankumui dinamiškoje aplinkoje?



Pav. Nr. 7 Modelio inicializacijos žingsniai

7 paveiksle pateikiami modelio inicializacijos žingsniai. Pirma, remiantis populiacijos tankumu, namų ūkių skaičiumi ir realizacijos centrais, apibūdinamas kelių tinklo atstumas. Šios simuliacijos atveju neatsižvelgiama į derliaus nuėmimo ir apdoravimo etapus. Realizacijos centrai yra pastatyti už miestų ribų, jų pakraščiuose. Bus 7 sutrikimų lygių tipai priklausomai nuo eismo įvykių lygio ir priklausomybės tarp greičio sumažinimo ir įvykių sutapimo laiko. Tikslus sutrikimų tipų aprašymas pateikiamas įvesties duomenų poskyryje. Naudojamas sunkvežimių tipas charakterizuos pasidalinimo informacija tarp tiekimo grandinės narių savybes. Tradicinių transporto priemonių grafikų sudarymo procesas naudos transporto srautų informaciją, pagrįstą istoriniais duomenimis, o autonominės transporto priemonės papildomai paskaičiuos, kaip neprognozuojami sutrikimai įtakoja maisto kokybę.



Pav. Nr. 8. Modelio procesas

8 paveiksle pateikiamas agentais-pagrįsto modelio procesas, kuris remiasi Hubner et al (2015 m.) ir Fikar (2018 m.) tyrimais (Fikar 2018), (Hübner, Kuhn, and Wollenburg 2016). Pirmiausia, namų ūkiai pateikia užsakymus, kurie susideda iš paklausos paskirstymo ir 2 valandų laiko intervalo pristatymui tarp 8 val. ir 18 val., pagrįsto binominiu skirstiniu. Po to šis užsakymas priimamas realizacijos centre. Turint šią informaciją, planuojamas sunkvežimių skaičius ir priklausomai nuo pasirinkto sunkvežimių tipo sudaromi eismo grafikai atskiriems sunkvežimiams. Po to atliekami pristatymai, o 19 val. sunkvežimiai grįžta atgal į realizacijos centrą, vėliau procesas kartojamas. Pristatymo metu atsiranda transporto šaltiniai ir eismo įvykiai, kurie sutrikdys logistinius procesus ir sukels nukrypimus nuo planuojamų maisto kokybės lygių. Dėl eismo įvykių sunkvežimių greitis sumažės ir bus nustatyta įtaka maisto kokybei. Praktiškai bendrovės paprastai paskiria sunkvežimius pristatyti prekes į konkretų regioną. Tačiau šiuo atveju bendrovėms reikia daugiau sunkvežimių, negu būtina. Kitas praktinis skirtumas yra tai, kad pradėdama statyti mažesnius centrus miesto ribose, kad atstumai, nukeliautas sunkvežimių, būtų sumažintas iki minimumo. Šiuo simuliacijos atveju mes siūlome pastatyti realizacijos centrą miesto pakraštyje, kad būtų iki minimumo sumažinti žemės kaštai ir resursai. Ši prieiga pateiktų rekomendacijas apie tai, kaip palaikyti aukštesnę efektyvumą, neinvestuojant į papildomus sunkvežimius arba centrus.

Pastovus atsitiktinis pradinis skaičius yra nustatomas, kad modelyje būtų palaikomas kintamumas ir tik skirtingi scenarijai įtakotų modelio rezultatus. Šiuo atveju pagrindinės aplinkos kintamosios yra pastovios ir tik

išanalizuotos kintamosios pakeičiamos (*ceteris paribus*). Vienas simuliacijos scenarijus buvo paleistas 67500 paspaudimų (varnelių) arba 10 dienų, traktuojant, kad visus pristatymus galima atlikti nuo 8 val. iki 19 val. Modelio rezultatai yra pateikti 2 lentelėje.

Skaičiavimai parodė, kad daugumoje atvejų maisto kokybės ir nuostolių lygiai yra žemesni autonominių sunkvežimių atveju. Tradiciniai sunkvežimiai yra naudingesni tais atvejais, kai yra maža rinka su mažiau namų ūkių ir užsakymų, tačiau didesniuose scenarijuose naudingesni autonominiai sunkvežimiai. Palyginus autonominių sunkvežimių prognozavimo tikslumą su vartotojų integracija, matosi, kad kai kuriais atvejais maisto kokybės lygis yra optimalesnis, esant lojaliam, o ne atsitiktiniam vartotojų elgesiui. Kai kurie scenarijai galėtų turėti didesnę atsitiktinio elgesio matą dėl modelio stochastiškumo. Kelete scenarijų maisto atliekų prognozavimo tikslumo rodiklis yra ypač aukštas, palyginus su kitais rodikliais. Šie atvejai atsiranda mažose rinkose arba tobulos konkurencijos rinkos tipe. Planuojant eismo maršrutus, praktiškai turėtų būti pristatyti visi produktai, tačiau faktinio pristatymo metu daugelis užsakymų yra neįvykdomi, taigi maisto atliekų šiek tiek padaugėja, tačiau palyginus su planuojamais maisto atliekų lygiais, procentinis skirtumas yra didžiulis. Tokiais atvejais geriau lyginti maisto kokybės, o ne maisto atliekų lygius.

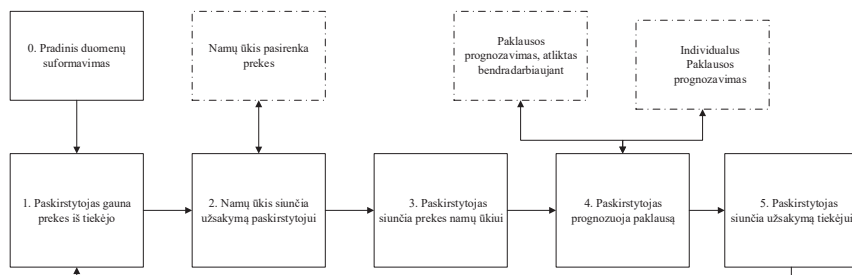
2.4. PERTEKLIUS PRIEIGOS SIMULIACIJA DARNIAI MAISTO PRAMONEI

Norint identifikuoti pasidalinimo informacija įtaką prognozavimo tikslumui, buvo sukurtas agentais-pagrįstas modelis. Duomenys buvo surinkti iš 5 bendrovių, dirbančių maisto pramonės srityje. Jie pateikė savo kasdieninės prekybos istoriją nuo 2014 m. birželio mėn. iki 2017 m. birželio mėn., apimančią 7 produktų kategorijas ir 838 produktus su empirinių duomenų paskirstymais, atspindinčiais rinkos svyravimus. Pirmiausia, buvo sudaryta duomenų histograma ir buvo iškeltos galimos paskirstymo funkcijų hipotezės. Kiekvienam paskirstymui paskaičiuojami būdingi parametrai ir atliekamas atitikimo kriterijų tyrimas. Galiausiai pasirenkamas geriausias paskirstymas. Empirinių duomenų surinkti paskirstymai buvo parengti R kodo 3.3 versija, R paketu „*fitdistrplus*“ (Delignette-muller and Dutang 2015). Į modelį iš viso įėjo 16 scenarijų ir jis buvo parengtas NetLogo 5.3.1 ir integravus R plėtinį. Prognozės buvo atliktos, naudojant kompiuterio mokymo metodą, konkrečiai ekstremalų save apmokančios mašinos algoritmą greitajam paslėpto sluoksnio skaičiavimui (Ding et al. 2015).

Agentais-pagrįstas modelis susideda iš 5 žingsnių. Pradžioje suformuojami istoriniai duomenys, kad galima būtų apmokyti kompiuterį. Pirmame etape paskirstytojas gauna užsakymą iš tiekėjo. Antrame etape namų ūkis pasirenka prekes iš empirinių paskirstymo funkcijų. Paskirstymo funkcijos rodo septynių

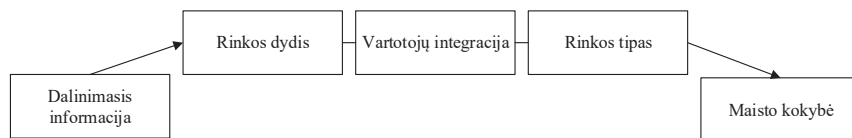
produktų kategorijų tendencijas, kurias atsitiktinai pasirenka individualus namų ūkis kiekvieną dieną. Po to sugeneruotas paskirstymo funkcijos koeficientas dauginamas iš produktų kiekio, kuris naudojamas simuliuoti skirtingus namų ūkių dydžius. Suteikiamos papildomos paskirstymo funkcijos su nuline paklausa, kurios simuliuoja tobulos konkurencinės rinkos tipą, t.y. vartotojai perka produktus iš bendrovių, nepriklausančių logistikos klasteriui. Sekančiame etape paskirstytojas siunčia prekes namų ūkiui. Vėliau paskirstytojas prognozuoja paklausą, remdamasis atskiros bendrovės istorija arba grupe. Prognozavimas atliekamas, naudojant ekstremalią save apmokančią mašiną, kuri iš naujo apmokoma kiekvieną dieną, remiantis praeitės istorija. Paskutiniame etape paskirstytojas siunčia užsakymą tiekėjui ir viskas vėl kartojama.

Norėdami identifikuoti priklausomybę tarp pasidalinimo informacija ir paklausos prognozavimo, modelyje mes simuliuosime pradines tiekimo grandinės operacijas, kurios apibūdina tarpusavio priklausomybę tarp paskirstytojų ir namų ūkių (žr. 9 pav.)



Pav. Nr. 9. Agentais-pagrįsto modelio procesas

10 paveiksle iliustruoja pagrindinį lankstumo prieigos klausimą, kurį galima apibrėžti taip: Kokia priklausomybė tarp dalinimosi informacija ir maisto kokybės, keičiantis rinkos dydžiui, rinkos tipui ir vartotojų integracijai dinamiškoje aplinkoje?



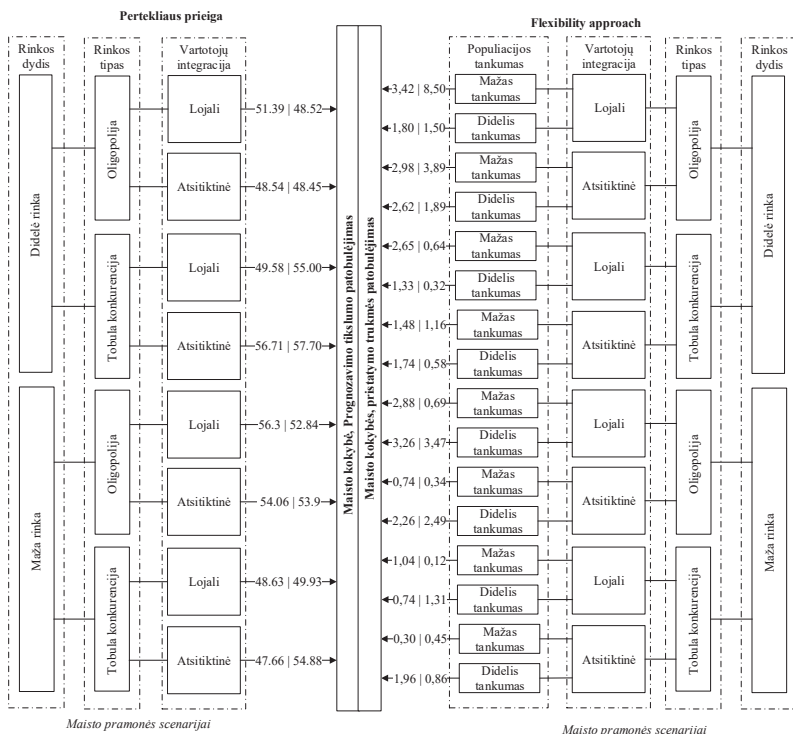
Pav. Nr. 10. Tyrime svarstomas klausimas

Agentais-pagrįstas modelis yra stochastiškas su tikimybinėmis kintamosiomis, kurios pagrįstos paskirstymo funkcijomis pritaikytomis iš empirinių duomenų. Kad modelis duotų tikslus rezultatus, kiekvienam

scenarijui buvo atlikta 10 pakartojimų, simuliuojant 365 dienas. Pradinė paklausos tikslumo aprašomoji statistika, pagrįsta scenarijais, yra pateikta 3 lentelėje.

Tikslumo prognozavimas geresnis oligopolinėje rinkoje, kadangi šioje rinkoje yra mažiau pardavėjų. Dėl to galima daryti prielaidą, kad mažoje rinkoje, kur paklausos svyravimai mažesni arba kur įmanoma įtraukti didesnę dalį paskirstytojų į logistikos klasterį, paklausos tikslumas yra didesnis. Kalbant apie skirtingų scenarijų palyginimą oligopolinės rinkos tipo viduje, prognozavimo tikslumas, atliekamas bendradarbiaujant, yra mažesnis scenarijuose, į kuriuos įtrauktas pasidalinimas informacija. Panašią situaciją stebime, lygindami pasidalinimą informacija tobulos konkurencijos rinkos tipe. Dėl to grupinis paklausos prognozavimas sumažina prognozavimo tikslumą. Mažas rinkos dydis linkęs turėti didesnę prognozavimo tikslumą, palyginus su oligopolinės rinkos tipu. Tačiau didesnis rinkos dydis rodo mažesnę prognozavimo paklaidą tobulos konkurencijos rinkos tipe. Scenarijai su vartotojų integracija į oligopoliją ir tobulos konkurencijos rinkos tipą rodo mažesnę prognozavimo tikslumo paklaidą, dėl to reklamavimas ir intensyvios programos taip pat gali įtakoti blogesnę paklausos prognozavimą.

2.5. ATSPARUMO PRIEIGŲ ĮTAKA DARNIAI MAISTO PRAMONEI



* Maisto pramonės scenarijų eilės tvarka yra nesvarbi (asociatyvi)

** Kai kurios pusės skaičius atspindi pasidalinimą informacija, dešimtosios pusės skaičius - pasidalinimo informacija nebuvimą

*** Išvestis rodo prognozavimo tikslumą (MAPE)

Pav. Nr. 11. Tiekimo grandinės atsparumo prieigų įtaka darniai maisto pramonei

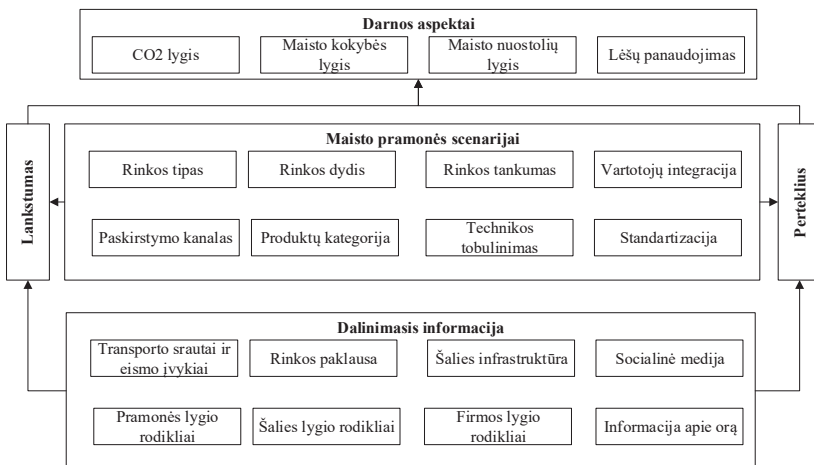
Lankstumo ir pertekliaus prieigų simuliacija padėjo identifikuoti priklausomybę su maisto kokybe. 11 paveiksle iliustruoja koreliacijos koeficientus ir rezultatų prognozavimo tikslumą. Pateiktą išvestį galima panaudoti kaip valdymo modelį, siekiant nustatyti, kurios priegos suteiktų daugiausia patobulinimo kokiuose maisto pramonės scenarijuose. Pavyzdžiui, matosi, kad pertekliaus prieigos lojalumo programų panaudojimas vartotojams galėtų privesti prie aukštesnių maisto kokybės tobulėjimo lygių oligopolinės rinkos tipui, o ne tobulos konkurencijos rinkos tipui. Taip pat galima nustatyti, kad pasidalinimas informacija, naudojant pertekliaus prieigą, labiau tinka didesnėms rinkoms, o ne mažesnėms.

Analizuojant lankstumo prieigą, matosi, kad dalinimasis informacija yra tinkamesnis daugelyje atvejų. Tačiau tradiciniai sunkvežimiai yra tinkamesni dideliame oligopolinės rinkos tipo rinkos tipui, o tai rodo, kad sustiprinto mokymosi algoritmą sunkiau pritaikyti aplinkai, kai rinkos dydis (t.y., užsakymų kiekis) yra didelis, taigi šiuo atveju reikėtų labiau apmokyti algoritmą, kad būtų pateikta daugiau pritaikymo galimybių. Šis klausimas taip pat galėtų būti susijęs su mažos rinkos atveju, nes dalinimasis informacija taip pat yra ne toks efektyvus ten, palyginus su tradiciniais sunkvežimiais. Priešingu atveju, algoritmui apmokyti galima būtų naudoti daugiau parametrų, tačiau apmokymo skaičiavimo trukmė galėtų proporcingai ilgėti dėl didėjančio paieškos masto. Kita galimybė identifikuoti tokios sistemos efektyvumą yra ne naudoti eismo įvykius tiesiogiai, bet naudoti transporto grūstis, kurios tiesiogiai susiję su eismo įvykiais. Tačiau šiuo atveju šių įvykių tikimybė būtų padidinta. Galiausiai šiuo atveju sustiprinto mokymosi algoritmas naudojo vidutinį greitį, kad suplanuotų pristatymus, tačiau, jei nėra eismo įvykių, kai kuriais atvejais faktinis vidutinis greitis galėtų būti didesnis, negu istorinis greitis. Šiuo atveju, planuojant grafikus, reikėtų įvesti papildomą parametą. Ši prieiga padėtų sustiprinto mokymosi algoritmui turėti platesnę būsenų skalę, iš kurios jis galėtų mokytis. Tačiau rekomenduojama prieiga galėtų padidinti skaičiavimo laiką.

Apibendrinant dalinimasis informacija, suderintas su lankstumo ir pertekliaus prieigomis, gali padidinti sistemos atsparumą ir suteikti aukštesnius maisto kokybės lygius. Tačiau, įgyvendinant rekomenduojamą metodą, reikėtų naudoti sukurtą valdymo modelį, siekiant identifikuoti, koks metodas tinkamesnis priklausomai nuo rinkos, kurioje bendrovės funkcionuos.

3. DISKUSIJA APIE PERTEKLIUS PRIEIGŲ PANAUDOJIMĄ DARNIAI MAISTO PRAMONEI

Dalinimasis informacija kartu su kibernetinių-fizinių sistemų pritaikymu maisto pramonėje suteikia galimybę automatizuoti taktinį ir operacinį lygius. Sudėtingų savireguliuojančių sistemų perspektyva suteikė supratimą, kad darna ir atsparumas yra atsiradimo procesas, kuris yra tarpusavyje susijusių agentų rezultatas. Teorinė prieiga suteikė supratimą, kad šiuos savitarpio santykius tarp agentų reikėtų valdyti, tai leistų pritaikyti agentus aplinkai ir to rezultatas būtų darna. Kompleksiškumo teorijos prieiga suteikė supratimą, kad maisto pramonėje reikėtų įdiegti lankstumo ir pertekliaus prieigas. Tokia prieiga kartu su kibernetinių-fizinių sistemų įdiegimu leistų vystyti savitvarkėms sistemoms, kurios galiausiai sukeltų darnos ir padidinto atsparumo atsiradimą. Taigi, valdant maisto tiekimo grandines, reikėtų naudoti stambinimo principą. Teorinės literatūros analizė ir empiriniai duomenys suteikia išvalgas į naujos bendros paskirties teorijos tiekimo grandinės valdymui kūrimą. Pateikta prieiga pagrįsta maisto pramone, tačiau ją galima pritaikyti kitoms pramonės šakoms, kurios turi tendenciją dirbti su elektroninės komercijos tipo paskirstymo kanalais (žr. 12 paveikslą).



Pav. Nr. 12. Darnos ir atsparios tiekimo grandinės valdymo modelis

12 paveiksle pateiktas valdymo modelis. Modelis smulkiau paašškintas, remiantis sukurtu konceptuali modeliu ir empirinio tyrimo rezultatais. Modelis rodo tris lygius tokius kaip dalinimasis informacija tarp tiekimo grandinės narių. Po to nuo lankstumo ir pertekliaus prieigų

skirtinguose scenarijuose priklauso, kaip ši informacija panaudojama. Galiausiai galima įvertinti įtaką darnos aspektams.

Mūsų atveju į dalinimąsi informacija įėjo transporto srautų ir eismo įvykių informacija, siekiant simuliuoti sutrikimus paskutinės mylios pristatymuose, tuo tarpu kai rinkos paklausos svyravimai buvo panaudoti, siekiant nustatyti sutrikimus maisto atsargų planavime. Mes panaudojome pramonės ir šalies lygių rodiklius, kad simuliuotume scenarijus, kuriuose mes išbandėme empirinį modelį, tačiau šiuos parametrus galima toliau plėsti, norint įtraukti kitus informacijos šaltinius.

Pavyzdžiui, šalies infrastruktūra gali įtakoti maisto pramonės logistikos operacijas, reikėtų atsižvelgti ne tik į dabartinę infrastruktūrą, bet ir į galimas sąnaudas. Į kitą informaciją galėtų įeiti socialinė medija, kuri yra tiesiogiai susijusi su vartotojų integracija ir jų atsakomąja reakcija. Remiantis šia informacija, galėtų būti tiksliau paskaičiuota rinkos paklausa. Įtaką logistikos operacijoms taip pat galėtų daryti informacija apie orą, tačiau ši informacija yra svarbesnė žemės ūkio sektoriui, o ne paskutinės mylios pristatymams, nors lietus, sniegas ar kiti aspektai galėtų pakeisti transporto priemonių greitį ir padidinti eismo įvykių tikimybes. Taigi, norint tiksliau simuliuoti logistikos operacijas, galima būtų pridėti įvairius informacijos šaltinius, bendradarbiaujant šią informaciją galima būtų panaudoti efektyviau.

Pasidalintos informacijos naudojimą galima simuliuoti skirtinguose maisto pramonės scenarijuose, kurie priklauso nuo rinkos tipo, dydžio ir tankumo. Šiame modelyje tai yra apibrėžtas rinkos tipas, pagrįstas oligopolija ir tobula konkurencija, tačiau realiame pasaulyje galima įtraukti tarpinius tipus, su mažiau ar daugiau pirkėjų ir pardavėjų. Rinkos dydis ir tankumas priklauso nuo šalies, kurioje ji funkcionuoja. Mūsų atveju mes susitelkėme į Europos Sąjungą, tačiau galima būtų atlikti tikslesnę analizę, tiksliau pateikiančią kitas rinkas tokias kaip JAV, Azija arba Australija. Mūsų simuliacijoje me susitelkėme į elektroninę komerciją, tačiau galima būtų atsižvelgti ir į kitus paskirstymo kanalus tokius kaip mažmeninė, didmeninė prekyba ir t. t. Simuliacijoje produktų valdymui mes panaudojome bendrąją prieigą, tačiau procesai galėtų priklausyti nuo produktų tipo tokio kaip mėsa, žuvis ir kiti. Skirtingų produktų tipų valdymo aspektas taip pat galėtų priklausyti nuo standartų, galiojančių šalyje, jų reikalavimai galėtų būti skirtingos temperatūros kontrolės prieigos, taigi maisto kokybės įvertinimas turėtų būti pritaikytas atitinkamai. Galiausiai į simuliaciją reikėtų įtraukti technologijų prieigas, naudojamas pertekliui ir lankstumui. Mūsų atveju mes panaudojome kibernetines-fizines sistemas, tačiau tik mažiau technologiškai pažangios galėtų būti taip pat įtrauktos į simuliaciją.

Taigi pasirinkta prieiga suteikia modelio išvestis, kurios yra įvertinamos darnos aspektu. Mūsų atveju mes susitelkėme į maisto kokybę ir nuostolių lygius, tačiau galima būtų nagrinėti kitus darnos aspektus. Pavyzdžiui, šiuo metu daug dėmesio pritraukia aplinkos poveikis, taigi taip pat

galima būtų įvertinti CO2 emisiją. Ekonominiu požiūriu būtų įmanoma panaudoti turimus tiekimo grandinės narių išteklius tokius kaip sandėliavimo plotas, sunkvežimiai ir t.t. Taigi, siekiant padidinti ekonominį darnos aspektą, taip pat reikėtų įvertinti panaudojimo lygį.

Pasiūlytas valdymo modelis parodė, kaip padidinti darnumą maisto pramonėje per atsparumo prieigas kartu su dalinimusi informacija ir kibernetinių-fizinių sistemų pritaikymu. Modelis yra sukurtas maisto pramonei, tačiau, jį modifikavus, taip būtų galima panaudoti jo pritaikymą kitoms pramonės šakoms, kurios linkę dirbti su elektroninės komercijos paskirstymo kanalu.

4. IŠVADOS IR REKOMENDACIJOS

1. Darnumas maisto tiekimo grandinėje per atsparumo prizmę gali būti matuojamas kaip maisto kokybė, CO₂ emisijos lygis ar neefektyvus resursų išnaudojimas. Atsparumą šiuo atveju galima traktuoti kaip priegą pasiekti darnai kasdienių sutrikimų metu. Sutrikimai tiekimo grandinėje įtakoja maisto pramonės darnos aspektus. Pagrindinės identifikuotos priegos darnai buvo lankstumo ir pertekliaus priegos, naudojant jas kartu su dalinimusi informacija, kai darna pasiekama bendradarbiaujant. Kibernetinių-fizinių sistemų įdiegimas į procesą sukuria saviorganizuojantį elgesį tiekimo grandinės nariams, kuris pastoviai prisitaiko ir pereina į aukštesnį darnos lygį. Be to ši priega leidžia efektyviau panaudoti tuos pačius išteklius be papildomų išteklių.
2. Pasiūlytas konceptualus modelis sukuria pridėtinę vertę tiekimo grandinės teorijai, kadangi integruoja kelias mokslines sritis. Modelis integruoja bendradarbiavimą į tiekimo grandinės atsparumo priegas, pritaikant kibernetines-fizines sistemas. Technologinės priegos ir bendradarbiavimo integracija leidžia pasiekti maisto pramonės darnumą, to rezultatas gali būti paašškintas pagal kompleksinių-adaptacinių sistemų teoriją. Pasiūlyta priega leidžia sistemai pasiekti saviorganizavimo gebėjimą, kuris iš mikro lygio procesų išsivysto į darnią maisto pramonę. Pagrindinis teorinio modelio indėlis yra tarporganizacinės teorijos ir kompleksinių-adaptacinių sistemų pritaikymas tiekimo grandinės valdymui darnios maisto pramonės kontekste.
3. Pagrindinė metodologinė priega disertacijoje yra paremta agentais-pagrįstu modeliavimu, tai yra įprasta priega kompiuterinėse socialinėse simuliacijose. Disertaciniame darbe tyrimas skiria dėmesį tam, kaip informacijos dalinimasis gali pagerinti darnumą pritaikant tiekimo grandinės atsparumo priegas kartu su kibernetinėmis-fizinėmis sistemomis. Šių elementų analizė yra kompleksinė ir netiesinė, todėl tradicinės tyrimų priegos yra netinkamos. Agentais-pagrįsto modeliavimo priega yra jautri pradiniam duomenim ir prielaidoms, tačiau tinkamai pagrįstas procesas gali suteikti žinių apie analizuojamą reiškinį. Tam, kad būtų užtikrintas tyrimo atkuriamumas, pasitelktas naudoti ODD protokolas, kurį pasiūlė Grimm et al. (2006). Pagrindinis pasiūlytos metodologijos naujumas yra socialinio elgesio integracija su kibernetinėmis-fizinėmis sistemomis, siekiant sukurti darnią maisto pramonę.
4. Siekiant identifikuoti pagrindinius maisto pramonės scenarijus, į kuriuos įėjo rinkos dydis, rinkos tipas, populiacijos tankumo ir vartotojų integracijos lygiai, buvo atlikta makro rodiklių ir literatūros analizė. Klasterių sudarymo procesai identifikuoja pagrindines kategorijas, kuriose

funkcionuoja maisto pramonė, taigi šiuos scenarijus galima panaudoti kitų tyrėjų simuliacijose. Pateiktas maisto pramonės scenarijų sudarymo metodologijos procesas gali būti panaudotas ir išgaunant kitus kintamuosius, kurie yra mažiau įprasti rinkoje. Disertacijos atveju, sudarant maisto pramonės scenarijus, buvo analizuojami tik pagrindiniai kintamieji, tačiau gali būti panaudoti ir alternatyvūs tokie kaip distribucijos kanalai, skirtingo lygio technologijų įdiegimas ir kt. Pateikta metodologinė prieiga gali būti panaudota, vystant tolimesnes agentais-pagrįstas simuliacijas.

5. Agentais-pagrįstas lankstumo prieigos modelis nustatė, kad autonominių transporto priemonių pritaikymas pagerina dalinimąsi informacija, o tai galima panaudoti, kuriant saviorganizuojančią sistemą pristatymo procesų optimizavimui. Šis pritaikymas ypač naudingas maisto tiekimo grandinės paskutinės mylios logistikoje. Simuliacijoje mes daugiausia nagrinėjome eismo įvykius kaip sistemos sutrikimus ir panaudojome pristatymo laiką kaip parametą optimizuoti algoritmą, tačiau į algoritmą galima būtų įvesti daugiau informacijos, kad jo efektyvumas būtų dar labiau padidintas.
6. Agentais-pagrįstas pertekliaus prieigos modelis identifikavo, kad dalinimasis informacija tarp tiekimo grandinės narių gali pagerinti paklausos ir pasiūlos sureguliovimą maisto tiekimo grandinėje, o tai leidžia nariams palaikyti tikslesnį maisto atsargų lygį, sumažinti maisto nuostolių lygius ir palaikyti geresnę maisto kokybę. Simuliacija buvo sudaryta, pritaikant mašininio mokymo algoritmą, kuris gali prisitaikyti prie paklausos svyravimo, todėl šis procesas gali būti apibūdintas kaip bendradarbiaujantis paklausos prognozavimas. Prieš tai mokslinėje literatūroje bendradarbiaujantis paklausos prognozavimas iš kompleksinių-adaptacinių sistemų perspektyvos nebuvo analizuojamas, todėl atlikta simuliacija pagrindžia prieigos tinkamumą.
7. Nors aš ir rekomenduoju visiškai automatizuoti tiekimo grandinės procesus, tiekimo grandinės valdyme svarbi vartotojų integracija. Šioje disertacijoje mes identifikavome, kad glaudesni vartotojų santykiai sumažina duomenų kintamumą, o tai sumažina sutrikimus ir padeda pasiekti aukštesnius atsparumo ir darnos lygius, esant mažesnei technologinei pažangai. Tai yra vienas iš pagrindinių aspektų, nurodantis kaip turėtų būti integruoti technologiniai ir socialiniai aspektai.
8. Procesą, kuris buvo panaudotas šioje disertacijoje agentais-pagrįstam modeliui sukurti, galima panaudoti analizavimo realiuoju laiku sistemos sukūrimui logistikos klasteriui. Tokios sistemos sukūrimas visiškai automatizuotų maisto tiekimo grandinės taktinį ir operacinį lygius ir padėtų valdyti tiekimo grandinę tik strateginio lygio sprendimais, tačiau, norint nustatyti strateginio lygio kintamuosius, reikalingi tolesni tyrimai. Sukurtą valdymo modelį galėtų perimti kitos pramonės šakos, kurios dirba su elektronine komercija, tačiau reikėtų atlikti kai kurias korekcijas.

Pavyzdžiui, maisto atliekų naudojimą biokurui reikėtų pakeisti atvirkštinio logistikos modeliu, kad jis tiksliau tiktų pasirinktai pramonės šakai.

LITERATŪROS SĄRAŠAS

- Adams, Frank G., Robert Glenn Richey, Chad W. Autry, Tyler R. Morgan, and Colin B. Gabler. 2014. "Supply Chain Collaboration, Integration, and Relational Technology: How Complex Operant Resources Increase Performance Outcomes." *Journal of Business Logistics* 35(4): 299–317.
- Arthur, W Brian. 2013. "Complexity Economics : A Different Framework for Economic Thought." *Complexity Economics*, 43: 1–22.
- Arvitrida, N I, S Robinson, A A Tako, and D A Robertson. 2016. "An Agent-Based Model of Supply Chain Collaboration: Investigating Manufacturer Loyalty." *Proceedings of the Operational Research Society Simulation Workshop 2016, SW 2016*: 35–44.
- Barroso, a P, V H Machado, H Carvalho, and V Cruz Machado. 2015. "Quantifying the Supply Chain Resilience." *Applications of Contemporary Management Approaches in Supply Chains*: 13–38.
- Bosona, T. G., and G. Gebresenbet. 2011. "Cluster Building and Logistics Network Integration of Local Food Supply Chain." *Biosystems Engineering* 108(4): 293–302.
- Calvert, Simeon C., and Maaïke Snelder. 2018. "A Methodology for Road Traffic Resilience Analysis and Review of Related Concepts." *Transportmetrica A: Transport Science* 14(1-2): 130–54.
- Chen, James C., Chen-Huan Cheng, and Po-Tsang B. Huang. 2013. "Supply Chain Management with Lean Production and RFID Application: A Case Study." *Expert Systems with Applications* 40(9): 3389–97.
- Chowdhury, Md Maruf Hossan, and Mohammed Quaddus. 2016. "Supply Chain Readiness, Response and Recovery for Resilience." *Supply Chain Management: An International Journal* 21(6): 709–31. <http://www.emeraldinsight.com/doi/10.1108/SCM-12-2015-0463>.
- Conrad, Hackett, Cooperman Alan, and Ritchey Katherine. 2015. "The Future of World Religions: Population Growth Projections, 2010 - 2050."
- Conte, Rosaria, and Mario Paolucci. 2014. "On Agent-Based Modeling and Computational Social Science." *Frontiers in Psychology* 5(JUL): 1–9.
- Council of the European Union. 2016. "Food Losses and Food Waste." 2016(June): 1–12.
- Dani, Samir. 2015. *Food Supply Chain Management and Logistics: From Farm to Fork*.
- Davis, Jason P, Kathleen M Eisenhardt, and Christopher B Bingham. 2007. "Developing Theory Through Simulation Methods." 32(2): 480–99.
- Delignette-muller, Marie Laure, and Christophe Dutang. 2015. "Fitdistrplus: An R Package for Fitting Distributions." *Journal of Statistical Software* 64(4): 1–34.
- Ding, Shifei, Han Zhao, Yanan Zhang, Xinzheng Xu, and Ru Nie. 2015.

- “Extreme Learning Machine: Algorithm, Theory and Applications.” *Artificial Intelligence Review* 44(1): 103–15.
- Euromonitor International. 2017. “The Global State of Online Grocery in 2017.”
- Eurostat. 2018a. “Distribution of Population by Degree of Urbanisation.” http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=ilc_lvho01&lang=en (June 1, 2018).
- . 2018b. “GDP and Main Components (Output, Expenditure and Income).” http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=nama_10_gdp&lang=en (June 1, 2018).
- . 2018c. “Population Density by NUTS 3 Region.” http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=demo_r_d3dens&lang=en (June 1, 2018).
- Fikar, Christian. 2018. “A Decision Support System to Investigate Food Losses in E-Grocery Deliveries.” *Computers and Industrial Engineering* 117(February): 282–90.
- Food and Agriculture Organization. 2011. *Global Food Losses and Food Waste*.
- . 2017. *The Future of Food and Agriculture: Trends and Challenges*. <http://www.fao.org/3/a-i6583e.pdf>.
- Forum, World Economic. 2013. “Building Resilience in Agriculture.”
- Gonçalves, Márcio, and Rosane Lúcia Chicareli. 2014. “Management Capabilities in Supply Chain Resilience.” : 1–10.
- Gonul, Cigdem. 2015. “The Impact of Cloud Based Supply Chain Management on Supply Chain Resilience.”
- Green, John J., Jim Worstell, and Caroline Canarios. 2017. “The Local Agrifood System Sustainability/Resilience Index (SRI): Constructing a Data Tool Applied to Counties in the Southern United States.” *Community Development* 48(5): 697–710.
- Gunasekaran, Angappa, Nachiappan Subramanian, and Shams Rahman. 2015. “Supply Chain Resilience: Role of Complexities and Strategies.” *International Journal of Production Research* 53(22): 6809–19.
- Harrison, J Richard, Glenn R Carroll, and Kathleen M Carley. 2007. “Simulation Modeling In Organizational and Management Research.” *Academy of Management Review* 32(4): 1229–45.
- He, Kaifei, and Man Jin. 2016. “Cyber-Physical System for Maintenance in Industry 4.0.” *Production Systems*.
- Herczeg, Gábor, Renzo Akkerman, and Michael Zwicky Hauschild. 2018. “Supply Chain Collaboration in Industrial Symbiosis Networks.” *Journal of Cleaner Production* 171: 1058–67.
- Hoffa, Patycja, and Pawel Pawlewski. 2014. “Agent Based Approach for Modeling Disturbances in Supply Chain.” *Communications in Computer*

- and Information Science* 430: 144–55.
- Hoske, Mark T. 2015. “Industry 4.0 and Internet of Things Tools Help Streamline Factory Automation.” *Control Engineering* 62(2): M7–10.
- Hübner, Alexander, Heinrich Kuhn, and Johannes Wollenburg. 2016. “Last Mile Fulfilment and Distribution in Omni-Channel Grocery Retailing: A Strategic Planning Framework.” *International Journal of Retail and Distribution Management* 44(3): 228–47.
- International, Euromonitor. 2018. “Fresh Food Global Industry Overview.” : 1–40.
- IPES FOOD. 2015. “The New Science of Sustainable Food Systems.” (May).
- Jabbarzadeh, Armin, Behnam Fahimnia, and Fatemeh Sabouhi. 2018. “Resilient and Sustainable Supply Chain Design: Sustainability Analysis under Disruption Risks.” *International Journal of Production Research* 56(17): 5945–68.
- Jüttner, Uta, and Stan Maklan. 2011. “Supply Chain Resilience in the Global Financial Crisis: An Empirical Study.” *Supply Chain Management: An International Journal* 16(4): 246–59.
- Kamalahmadi, Masoud, and Mahour Mellat Parast. 2016. “A Review of the Literature on the Principles of Enterprise and Supply Chain Resilience: Major Findings and Directions for Future Research.” *International Journal of Production Economics* 171: 116–33.
- Karaköse, Mehmet, and Hasan Yetiş. 2017. “A Cyberphysical System Based Mass-Customization Approach with Integration of Industry 4.0 and Smart City.” *Wireless Communications and Mobile Computing* 2017.
- Kim, Yusoon, Yi-Su Chen, and Kevin Linderman. 2015. “Supply Network Disruption and Resilience: A Network Structural Perspective.” *Journal of Operations Management* 33: 43–59.
- Klötzer, Christoph, and Alexander Pflaum. 2015. “Cyber-Physical Systems (CPS) in Supply Chain Management – A Definitional Approach.” *NOFOMA 2015 - Towards Sustainable Logistics and Supply Chain Management*: 1–16.
- Köster, Felix, Marlin W. Ulmer, and Dirk C. Mattfeld. 2015. “Cooperative Traffic Control Management for City Logistic Routing.” *Transportation Research Procedia* 10(July): 673–82.
- Lamine, Claire. 2015. “Sustainability and Resilience in Agrifood Systems: Reconnecting Agriculture, Food and the Environment.” *Sociologia Ruralis* 55(1): 41–61.
- Leat, P, and C Revoredo-Giha. 2013. “Risk and Resilience in Agri-Food Supply Chains: The Case of the ASDA PorkLink Supply Chain in Scotland.” *Supply Chain Management: An International Journal* 18(2): 219–31.
- Lotfi, Zahra, Muriati Mukhtar, Shahnorbanun Sahran, and Ali Taei Zadeh. 2013. “Information Sharing in Supply Chain Management.” *Procedia*

- Technology* 11(Iceei): 298–304.
- Magalhães, Vanessa, Ferreira Luís, and Silva Cristóvão. 2018. “Modelling the Causes of Food Loss and Waste: An Integrated TISM-Fuzzy MICMAC Analysis.” *EWG0SustSC2018: Sustainable supply chains and the circular economy, 2nd Conference of the Euro Working Group on Sustainably Supply Chains*.
- Mensah, Peter, and Yuri Merkurjev. 2014. “Developing a Resilient Supply Chain.” *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 110: 309–19.
- Monostori, László. 2014. “Cyber-Physical Production Systems: Roots, Expectations and R&D Challenges.” *Procedia CIRP* 17: 9–13.
- Murino, Teresa, Elpidio Romano, and Liberatina C. Santillo. 2011. “Supply Chain Performance Sustainability through Resilience Function.” *Proceedings - Winter Simulation Conference (Sternan 2000)*: 1600–1611.
- Nagashima, M., F.T.b Wehrle, L Kerbache, and M Lassagne. 2015. “Impacts of Adaptive Collaboration on Demand Forecasting Accuracy of Different Product Categories throughout the Product Life Cycle.” *Supply Chain Management* 20(4): 415–33.
- Navickas, Valentinas, and Valentas Gružasuskas. 2016. “Big Data Concept in the Food Supply Chain: Small Markets Case.” *Scientific Annals of Economics and Business* 63(1): 15–28.
- Novotny, Petr, and Martin Folta. 2013. “A Deep Dive Into Smart Supply Chain Efficiencygoog.”
- Parfitt, Julian, Mark Barthel, and Sarah Macnaughton. 2010. “Food Waste within Food Supply Chains: Quantification and Potential for Change to 2050.” *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences* 365(1554): 3065–81.
- Patterson, Genna. 2014. *Next Generation Supply Chains*. epubli.
- Pettit, Timothy J., Keely L. Croxton, and Joseph Fiksel. 2013. “Ensuring Supply Chain Resilience: Development and Implementation of an Assessment Tool Ensuring.” *Journal of Business Logistics* (November 2016).
- Ponis, Stavros T, and Epaminondas Koronis. 2012. “Supply Chain Resilience : Definition.” *The Journal of Applied Business Research* 28(5): 921–30.
- Ranieri, Luigi, Salvatore Digiesi, Bartolomeo Silvestri, and Michele Roccotelli. 2018. “A Review of Last Mile Logistics Innovations in an Externalities Cost Reduction Vision.” *Sustainability (Switzerland)* 10(3).
- Reyes Levalle, R, and S Y Nof. 2015. “A Resilience by Teaming Framework for Collaborative Supply Networks.” *Computers and Industrial Engineering* 90: 67–85.
- Scholten, Kirstin, and Sanne Schilder. 2015. “The Role of Collaboration in Supply Chain Resilience.” *Supply Chain Management: An International Journal* 20(4): 471–84.

- Swafford, Patricia M., Soumen Ghosh, and Nagesh Murthy. 2008. "Achieving Supply Chain Agility through IT Integration and Flexibility." *International Journal of Production Economics* 116(2): 288–97.
- Taylor, Sean J., and Benjamin Letham. 2018. "Forecasting at Scale." *American Statistician* 72(1): 37–45.
- Trappey, Amy J.C., Charles V. Trappey, Usharani Hareesh Govindarajan, John J. Sun, and Allen C. Chuang. 2016. "A Review of Technology Standards and Patent Portfolios for Enabling Cyber-Physical Systems (CPS) in Advanced Manufacturing." *IEEE Access*.
- Tukamuhabwa, Benjamin R., Mark Stevenson, Jerry Busby, and Marta Zorzini. 2015. "Supply Chain Resilience: Definition, Review and Theoretical Foundations for Further Study." *International Journal of Production Research* 53(18): 5592–5623.
- United Nations. 2014. *World Urbanization Prospects*. <https://esa.un.org/unpd/wup/publications/files/wup2014-highlights.pdf>.
- . 2015. *World Population Prospects*.
- Wang, Gang, Angappa Gunasekaran, Eric W.T. Ngai, and Thanos Papadopoulos. 2016. "Big Data Analytics in Logistics and Supply Chain Management: Certain Investigations for Research and Applications." *International Journal of Production Economics* 176: 98–110.
- Zhao, Rui, Yiyun Liu, Ning Zhang, and Tao Huang. 2016. "An Optimization Model for Green Supply Chain Management by Using a Big Data Analytic Approach." *Journal of Cleaner Production*.

Mokslinių publikacijų disertacijos tema sąrašas

1. Gružasuskas, V., Gimžasuskienė, E., & Navickas, V. (2019). Forecasting accuracy influence on logistics clusters activities: The case of the food industry. *Journal of Cleaner Production*, 240, 118225.
2. Gružasuskas, Valentas; Baskutis, Saulius; Navickas, Valentinas. Minimizing the trade-off between sustainability and cost effective performance by using autonomous vehicles, *Journal of cleaner production*. 2018, vol. 184, p. 709-717.
3. Navickas, Valentinas; Gružasuskas, Valentas, Big data concept in the food supply chain: small markets case, *Scientific annals of economics and business*, 2016, vol. 63, iss. 1, p. 15-28.
4. Navickas, Valentinas; Baskutis, Saulius; Gružasuskas, Valentas; Kabašinskas, Audrius, Warehouses consolidation in the logistic clusters: food industry's case, *Polish journal of management studies*. 2016, vol. 14, iss. 1, p. 174-182.
5. Vojtovič, Sergej; Navickas, Valentinas; Gružasuskas, Valentas, Strategy of sustainable competitiveness: methodology of real-time customers' segmentation for retail shops, *Journal of security and sustainability issues*. 2016, vol. 5, iss. 4, p. 489-499.
6. Navickas, V; Kuznetsova, S. A.; Gružasuskas, V, Cyber-physical systems expression in industry 4.0 context, *Financial and credit activity: problems of theory and practice*, 2017, Vol. 2, iss. 23, p. 188-197.
7. Pilinkienė, Vaida; Gružasuskas, Valentas; Navickas, Valentinas, Lean thinking and industry 4.0 competitiveness strategy: sustainable food supply chain in the European Union, *Trends and Issues in Interdisciplinary Behavior and Social Science: proceedings of the 5th International Congress on Interdisciplinary*, 2016.
8. Vojtovic, Sergej; Navickas, Valentinas; Gružasuskas, Valentas. Sustainable business development process: the case of the food and beverage industry, *Advancing Research in Entrepreneurship in the Global*, 2016.
9. Baskutis, Saulius; Navickas, Valentinas; Gružasuskas, Valentas; Olencevičiūtė, Dalia, The temperature control impact to the food supply chain, *Mechanika* 2015.
10. Gružasuskas, Valentas; Vilkas, Mantas, Managing capabilities for supply chain resilience through it integration, *Economics and business*. 2017, vol. 31, p. 30-43.

11. Navickas, Valentinas; Gružasuskas, Valentas; Baskutis, Saulius, The food industry's supply chain's effectivity management: small markets' case, *Acta Oeconomica Universitatis Selye*, 2015.
12. Navickas, Valentinas; Baskutis, Saulius; Gružasuskas, Valentas. Supply chain in small market food industry: increasing competitive advantage, *International journal of management - theory and applications (IREMAN)*. 2015, vol. 3, iss. 1, p.
13. Gružasuskas, Valentas; Statnickė, Gita. Features of the forth industrial revolution: taxes case, *Vadyba = Journal of Management*. 2017, vol. 31, iss. 2, p. 127-132.
14. Navickas, Valentinas; Baskutis, Saulius; Gružasuskas, Valentas, Logistic cost optimization in the food industry of small countries, *Vadyba = Journal of management*. 2015, vol. 26, iss. 1, p. 61-66.
15. Gružasuskas, Valentas; Vojtovic, Sergej; Navickas, Valentinas, Cyber-physical systems impact to supply chain competitiveness, *Proceedings of the 2nd international conference contemporary issues in theory and practice of management*, 2018.
16. Gružasuskas, Valentas; Gimžauskienė, Edita; Kriščiūnas, Andrius. Traffic disruption influence to food quality: the case of last-mile logistics, *30th European conference on operational research*, 2019.
17. Gružasuskas, Valentas; Gimžauskienė, Edita. Cyber-physical system application for sustainable supply chain management, *29th European conference on operational research*, 2018.
18. Gružasuskas, Valentas; Gimžauskienė, Edita. Food wastage reduction with collaborative forecasting: emergence of sustainability, *Sustainable supply chains and the circular economy*, 2018.
19. Gružasuskas, Valentas; Gimžauskienė, Edita. Kibernetinių fizinių sistemų pritaikymas tiekimo grandinės atsparumui didinti, *Fizinių ir technologijos mokslų tarpdalykiniai tyrimai*. 2018.

INFORMACIJA APIE DISERTACIJOS AUTORIŲ

IŠSILAVINIMAS

2016 – 2019, Socialinių mokslų vadybos krypties doktorantūros studijos, Kauno technologijos universitetas

Lietuvos mokslo tarybos 2016, 2017, 2018 m. doktorantūros stipendija už akademinis pasiekimus.

KTU Rektoriaus stipendija kaip vienam aktyviausių doktorantui 2016, 2018 m. Mecenato Adomo Kantauto vardinė stipendija 2017 m.

Ekonomikos ir verslo fakulteto dekanės įsteigta padėka už tyrimų rezultatų tarptautinę sklaidą 2018 m.

2014 – 2016, Pramonės inžinerijos ir vadybos magistras, Kauno technologijos universitetas

Rektoriaus skatinamosios stipendijos laureatas 2015 m II pusmetį, ir 2016 M. I ir II pusmečiais.

Mecenato stipendijos Vydūno fondo laureatas 2015 m.

2010 – 2014, Taikomosios matematikos ir ekonomikos bakalauras, Kauno technologijos universitetas

DARBO PATIRTIS

2016 – dabar, Laisvai samdomas duomenų mokslininkas

2016 – 2017, Duomenų analitikas, UAB „Euromonitor International“

2012 – 2014, Projektų vadovas, UAB „Agito“

PEDAGOGINĖ PATIRTIS

2016 – 2019, Gamybos valdymas ir kontrolė, transporto logistika, Logistikos pagrindai modulių koordinatorius ir lektorius, baigiamųjų bakalauro darbų vadovas

Savanoriška veikla

2016 – 2018, Kauno technologijos universiteto, doktorantų draugijos narys ir finansų koordinatorius

2010 – 2014, Kauno technologijos universiteto, fundamentaliųjų mokslų fakulteto studentų atstovybės „FUMSA“ narys.

Kontaktai

Darbinis paštas: Valentas.gruzauskas@ktu.ltAsmeninis

Paštas: v.gruzauskas@gmail.com

Tel.: +37068576870

RESUME

Research relevance

The demand of food products is rapidly growing due to the growing world population and increasing average age. The world's population is expected to reach 9.8 billion by 2050 (United Nations 2015). Average Life Expectancy in Europe in 2050 will be 82 years (Conrad, Alan, and Katherine 2015). However, the current supply chain management approaches are ineffective and produces a lot of food waste. Nearly one-third of the food produced in the world for human consumption is lost or wasted annually. In developing countries, 40% of losses occur at the post-harvest and processing stages, while in developed countries more than 40% of losses occur at retailer and consumer levels (Food and Agriculture Organization 2011). Food losses and waste cost the global economy around USD 990 billion annually (Council of the European Union 2016). The ineffectiveness of the food supply chain is mainly related to two aspects, from one perspective it is disruptions and dynamic environment and from the other perspective it is the length of the supply chain and necessity to make trade-offs between sustainability and cost effective performance. Urbanization will continue at an accelerated pace, and about 70 percent of the world's population will be urban, compared to 49 percent today (United Nations 2014). The complexity of food supply chain will increase, because United Nations are promoting SMEs collaboration (small-scale farmers produce over 70% of the world's food needs) (Food and Agriculture Organization 2017). The necessity to make trade-offs in the food supply chain even more reduces food waste levels. "As the entire farm to fork cycle is being squeezed to provide short lead times and efficiency, supply chain designs have to rely heavily upon logistics and warehousing functions that provide temperature conditioned transport and storage, and increased use of advanced information and communication technologies. Recent research states that in perishable-product supply chain design, a trade-off should be made between transportation costs, shortage costs, inventory costs, product waste and expected shelf-life losses and quality decay" (Dani 2015). Magalhães et al. (2018) conducted an empirical research to identify the main causes of food waste. Their research indicated main 15 food waste causes, with the most importance facing 6 main causes such as lack of infrastructure and technical

management; ineffective storage management; lack of coordination and information sharing; pricing strategies and promotion management; overproduction and inadequate demand forecasting (Magalhães, Luís, and Cristóvão 2018). In recent years more local production and online grocery business models has rapidly gained recognition. Internet retailing market size in 2016 was 1.17 trillion USD and by 2020, it is estimated to grow to a size of 2.1 trillion with a AAGR of 13.33% (Euromonitor International 2017). However, currently the last-mile deliveries are considered the least effective process of e-grocery. Last-mile of the supply chain is least efficient, comprising up to 28% of the total logistics cost (Ranieri et al. 2018). Constant disruptions even more negatively influences the sustainability of the FI in terms of food waste. Some researchers argue that minor disruptions does not influence the supply chain processes, however Calvert and Snelder (2018) indicated that minor disruptions in traffic and transport systems can also play an important part in reducing efficiency (Calvert and Snelder 2018). Patterson (2014) stated that a robust supply chain is supposed to efficiently manage demand or production fluctuations (Patterson 2014). World economic forum survey on supply chain resilience indicated that 80% of companies are concerned about resilience, while one of the reasons due to the reason that 30% faces information technology problems (Forum 2013).

Research level of scientific problem

To increase supply chain resilience researchers recommend mainly to develop robust network designs, implement flexibility and redundancy approaches and promotes collaboration. From the network design perspective the problem is that this approach requires to make trade-offs between economic benefits and sustainability, it is important to limit the trade-offs, thus in the thesis are management framework will be provided, which can increase the sustainability of the food industry without additional resources. Another problem related to supply chain resilience research is related to the reason that recommendations are mainly proved trough macro level disturbances and only limited amount of research recognises the influence of micro distributions. “While it is clear that major calamities and disasters can have a considerable effect on traffic and transport systems, there is an awareness that more minor disturbances in traffic and transport systems can also play an important part in reducing the efficiency of such systems” (Calvert and Snelder 2018). “Travel times between customers are not deterministic but uncertain and differ during the day regarding traffic volumes and stochastic events like congestions” (Köster, Ulmer, and Mattfeld 2015). Thus, the thesis will focus on micro level disruptions rather on macro level. From theoretical perspective researchers recommend to apply flexibility and redundancy approaches, which improves supply chain resilience (Mensah and Merkurjev 2014), (Gonçalves and Chicareli 2014), (Chowdhury and Quaddus 2016), (Barroso et al. 2015). Other

researchers promotes collaboration together with flexibility and redundancy to increase supply chain resilience (Jüttner and Maklan 2011), (Novotny and Folta 2013), (Scholten and Schilder 2015), (Nagashima et al. 2015), (Gonul 2015), (Tukamuhabwa et al. 2015), (Reyes Levalle and Nof 2015). However, empirical evidence indicates that collaboration tends to fail due to lack of strategies, collaborative technologies and appropriated commitment levels (Herczeg, Akkerman, and Hauschild 2018), (Adams et al. 2014), (Arvitrida et al. 2016), (Gunasekaran, Subramanian, and Rahman 2015), (Pettit, Croxton, and Fiksel 2013). To control the supply chain complexity technological approaches should be integrated in the management process. However, researchers indicates that usually the organization dimension is missing when implementing technological advancements (Hoske 2015). Adams et al. (2014) indicated that the effectiveness of collaboration as a supply chain resource has been questioned due to concerns associated with Collaborative Technologies. Arvitrida et al. (2016) stated that firms' strategy and behaviour in supply chain collaborations are identified as the main reasons for supply chain failure. Ambulkar (2015) analysed supply chain disturbances from the perspective of strategic focus on innovations, the research indicated that "Although they may be committed to innovation, firms may differ in the degree to which they actively support the innovation efforts taking place across the network on its behalf. If suppliers are not well integrated or if there is alignment issues with the firm's strategy, innovation focus can lead to less coordinated actions within the supplier network and thereby greater disturbances in fulfilling market demand". Thus, it is important to develop a framework, which would focus on collaboration, technological implementation and clear benefits of the application, thus a properly defined methodological approach is also needed to use such a framework in practice.

Research question - How to strengthen supply chain resilience in the context of sustainable food industry through information sharing by adapting cyber-physical systems?

Research object – Supply chain resilience in the context of sustainable food industry

The main thesis goal - To develop a management framework for supply chain resilience in the context of sustainable food industry through information sharing by adapting cyber-physical systems.

Objectives:

1. To conceptualize supply chain resilience in the context of sustainable food industry;

2. Develop a conceptual model of supply chain resilience approaches for sustainable food supply chains;
3. To define the philosophy and methodological approach of agent-based modelling for sustainable food supply chain analysis;
4. To identify the main food industry scenarios to validate the proposed management framework;
5. To adapt an agent-based model for flexibility approach of sustainable food supply chains;
6. To adapt an agent-based model for redundancy approach of sustainable food supply chains;
7. To propose a management framework for supply chain resilience in the context of sustainable food industry.

Novelty and knowledge gap

The main knowledge gap in the thesis is being filled by recommending supply chain management approaches for disruption environment, since the majority of previously developed approaches has been developed in a stable environment. For this purpose the following theoretical assumptions has been made, which were validated in the empirical study section:

7. The food supply chain complexity is growing and it can be manage by adapting complex-adaptive system theory;
8. Supply chain resilience is positively influenced by approaches such as flexibility and redundancy;
9. Information sharing, which is obtain as a result of collaboration increase the efficiency of flexibility and redundancy;
10. If a disruption cannot be managed it creates a ripple effect downstream impacting supply chain sustainability;
11. Disruptions in the food supply chain causes reduction in food quality and increase in food waste;
12. The complexity of the decision-making process increases dramatically, therefore the implementation of cyber-physical systems in supply chain management is necessary.

Based on the scientific literature analysis and empirical evidence, the influence of supply chain resilience to food industry sustainability was identified. The determined relationship identified that companies should focus on implementing flexibility and redundancy approaches to manage their processes by promoting information sharing and applying cyber-physical systems for complexity management. In this thesis, it is recommend integrating cyber-physical systems in the food supply chain. The integration of cyber-physical system would allow gathering the information, analysing it and allow the system itself to utilize it without human interference. The implementation of cyber-physical systems in supply chain management has

only recently gained attention in scientific literature (Klötzer and Pflaum 2015). The research results contributes to supply chain management theory by:

6. The research focuses on daily disruptions rather than force majeure, which is only recently started to gain recognition in scientific literature;
7. The relationship between resilience and sustainability in the food supply chain is quantified in multiple scenarios;
8. The proposed management framework integrates technological approach with organizational dimension;
9. The implementation of flexibility and redundancy approaches in the food supply chain together with cyber-physical systems and information sharing allows maintaining higher food quality and nutrition levels.
10. The proposed management framework allows automating tactical and operational levels of the food supply chain, while managing the processes through strategic level variables. This approach provides adaptation abilities to the food supply chain and causes emergence of resilience and sustainability. However, the strategic level variables will be defined in future investigations, this thesis is limited to operational and tactical levels.

Novelty of practical significance

The developed Framework for Sustainable and Resilient Supply Chain Management provides a practical methodological approach to help implement cyber-physical systems in daily operation management. The proposed model firstly defines, which data supply chain members can share in the logistic cluster. This data consist of various market level indicators such as demand pattern, infrastructure, country and industry level information and so on. The integrated data in the logistic cluster can be utilized through application of cyber-physical systems to limit the involvement of humans in the management process. To effectively allow automation, the processes of the supply chain should be simulated in a cyber environment to understand the best course of actions when planning routes or deciding on inventory levels. The operations must be simulated based on the market conditions, thus an approach of how to define the scenarios of the environment was proposed. Lastly, the proposed framework provides key metrics based on sustainability aspects, which can be used as a main measurement unit when allowing the cyber-physical systems to make decisions. The defined process allows achieving sustainable food industry by automating daily operations with cyber-physical systems. The proposed application uses autonomous vehicles for route scheduling and information sharing to improve inventory management policy. The integration of machine learning with reinforcement learning in this

process creates a self-organizing system, which adapts to the changing environment and maintains system resilience.

Research methodology

The concept of supply chain resilience has a none linear relationship and has limited data available, thus the social simulations is chosen as the main research method (Davis, Eisenhardt, and Bingham 2007). The research methodology is based on generative approach for theory development, which uses first principles to generate a particular set of data that can create a general theory (Conte and Paolucci 2014). In the thesis, secondary data analysis is used to develop input data for the simulation, later an agent-based model is implemented to quantify the effectiveness of flexibility, and redundancy approaches for sustainability in different FI scenarios. The model is based on an abstract environment, which represents multiple FI scenarios based on macro indicator analysis. Disruptions in the environment are simulated through traffic congestions and historical sale data. Lastly, the relationship between agents are defined by considering e-grocery business model operations (Hübner, Kuhn, and Wollenburg 2016).

Research limits

1. The research focuses on food supply chain processes from distributor to final consumer and simplifies the processes of harvesting and processing;
2. The research is conducted in e-commerce distribution strategy, during which consumers often return products back to the producer. In this thesis, only the products that were not delivered on time a considered and does not include products returned by end-consumers. Thus, reverse logistics aspects are not analyzed in the thesis.
3. In the empirical research part, a generic approach to product category is chosen rather than specific food products;
4. The proposed approach focuses on inter-organizational relationship rather than individual organizations, however agent-based modelling methodology is used to analyse macro level outcome and not individual behaviour;
5. The agent-based models uses distribution functions fitted on empirical data rather than real data in the simulation. In general, the agent-based modelling methodology is sensitive to input data.
6. The developed framework for sustainable and resilient supply chain management focuses on integrating collaboration with tactical and operational level decisions, while only marginally considering strategic level decisions.

Research result publication

The research has been published in 19 publications (Web of science and Scopus 7 publications) and presented in 6 conferences.

CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

1. Sustainability in the food supply chain can be measured through food quality, green gas emission level or ineffective resource utilization when viewed from a resilience perspective. Resilience in this case can be seen as approaches to achieve sustainability during daily disruptions. Disruptions in the supply chain influences sustainability aspects of the food industry. The main approaches to achieve sustainability were identified as usage of flexibility and redundancy approaches together with information-sharing which is obtain as a result of collaboration. The implementation of cyber-physical systems in the process creates self-organising behaviour for the supply chain members, which continuously adapts and emerges to higher level of sustainability. Moreover, this approach allows utilizing the same resources more effectively without additional resources.
2. The proposed conceptual model contributes to supply chain management field by integrating theoretical approaches from multi scientific fields. The model integrates collaboration with supply chain resilience practices trough application of cyber-physical systems. The integration of technological and organization dimension allows achieving sustainable food industry, which achievement can be explained trough complex-adaptive system theory. The proposed approaches allows the system to achieve self-organizing abilities, which from the micro level processes emergences towards sustainable food industry. The main theoretical contribution of the thesis is in the combination of inter-organizational theory with complex-adaptive system for supply chain management in the context of sustainable food industry.
3. The main methodological approach in the thesis focuses on application of agent-based modelling, which is a common simulation tool in computational social science. In the thesis, the research focuses on how information sharing can improve sustainability by applying supply chain resilience approaches together with cyber-physical systems. The analysis of these elements complex and none-linier, thus traditional research approaches are not suitable for analysis. In general, agent-based modelling is sensitive to input data and assumptions, however in reasoned logically it could provide insights in to the analysed phenomena. To provide reproducibility of the research the methodology is grounded trough the ODD protocol proposed by Grimm et al. (2006). The main novelty of the applied methodology is related to the integration of social behaviour

(information sharing) and application of cyber-physical systems in the sustainable food industry.

4. A macro indicator analysis and scientific literature analysis was conducted to identify the main food industry scenarios, these scenarios included market size, market type, population density and consumer integration levels. The clusterization process identify the main categories in which the food industry operates, thus these scenarios can be used in other researcher simulations. The provided methodological approach of how the food industry scenarios were defined, can be used to determine other variables, which could cover less common variations in the market. In the thesis case, only the main variables of the food industry scenarios were identified, however alternative could be considered such as distribution channels, different levels of technological implementation and so on. The provided methodological approach can contribute in future agent-based model development.
5. The agent-based model of the flexibility approach identified that the application of autonomous vehicles improves information sharing, which can be used to create a self-organizing system for delivery process optimization. This application is especially useful in last-mile logistics of the food supply chain. In the simulation, we mainly considered traffic accidents as disruptions in the system, and used the delivery time as a parameter to optimize the algorithm, however more information might be input to the algorithm to increase its efficiency even more.
6. The agent-based model of the redundancy approach identified that information sharing between supply chain members can improve the alignment of demand and supply in the food supply chain, which allows the members to maintain a more proper level of inventory, reduce food waste levels and maintain higher food quality. The simulation was conducted by application of machine learning, which adjusts other time to the changing demand pattern, thus this process can be defined as collaborative demand forecasting. In previous literature collaborative demand forecasting from the perspective of complex-adaptive system has not been analysed, thus the simulation provides empirical evidence in the effectiveness of the proposed approach.
7. Even though it is recommended to fully automate the supply chain processes, consumer integration in the supply chain management is crucial. In this thesis, it was identified that closer consumer relationship reduces the variability of data, which decreases disruptions and allows achieving higher resilience and sustainability levels with less technological advancement. This is one of the key aspects of how technological and social aspects should be integrated.
8. The process, which was used to developed an agent-based model in this thesis can be used to create a real-time analysis system for a logistic

cluster. The development of such a system would completely automate tactical and operational levels of the food supply chain and would allow to manage the supply chain only through strategic level decisions, however further research is needed to define the strategic level variables. The developed management framework can be adopted to other industries, which are working with e-commerce, however some adjustments should be made. For example, instead of food waste used for biofuel a reverse logistic model could be substituted to fit the selected industry more precisely.

UDK 658.788:004.942 + 664](043.3)

SL344. 2020-02-13, 3,25 leidyb. apsk. l. Tiražas 50 egz.

Išleido Kauno technologijos universitetas, K. Donelaičio g. 73, 44249
Kaunas

Spausdino leidyklos „Technologija“ spaustuvė, Studentų g. 54, 51424
Kaunas

