

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

TVIRTINU:

Kauno technologijos universiteto
Maisto instituto direktorė
Alvija Šalaševičienė
2023 m. lapkričio mėn. 8 d.

**PROJEKTAS ĮGYVENDINTAS PAGAL ŽEMĖS ŪKIO, MAISTO ŪKIO, ŽUVININKYSTĖS
IR KAIMO PLĖTROS 2023–2027 METŲ MOKSLINIŲ TYRIMŲ IR EKSPERIMENTINĖS
PLĖTROS FINANSAVIMO TAISYKLES**

**DIRBTINIO INTELEKTO TECHNOLOGIJŲ POVEIKIO TVARIAI, SVEIKAI IR IŠMANIAI
MAISTO EKOSISTEMAI VERTINIMO METODIKOS IR REKOMENDACIJŲ
PARENGIMAS**

2023 M. GALUTINĖ ATASKAITA

Tyrimo vadovas
Alvija Šalaševičienė

Kaunas

2023

Ataskaita parengta pagal Žemės ūkio, maisto ūkio ir žuvininkystės 2023–2027 metų mokslinių tyrimų ir eksperimentinės plėtros projekto vykdymo 2023 m. gegužės 21 d. sutartį Nr. MTE-23-11, pasirašytą tarp Nacionalinės mokėjimo agentūros prie Žemės ūkio ministerijos ir Kauno technologijos universiteto.

Ataskaitos rengėjai

Dr. Alvija Šalaševičienė, vadovė (Kauno technologijos universitetas, Maisto institutas)

Dr. doc. Loreta Bašinskienė (Kauno technologijos universitetas, Cheminės technologijos fakultetas, Maisto mokslo ir technologijų katedra)

Dr. Andrius Grybauskas (Kauno technologijos universitetas, Ekonomikos ir verslo fakultetas, Verslo skaitmeninių transformacijų tyrimų centras)

TURINYS

IVADAS	4
1.LITERATŪROS APŽVALGA	7
1.1. Skaitmeninimo ir dirbtinio intelekto reikšmė pereinant prie tvarių maisto sistemų.....	7
1.2. Kriterijų tvarumo, sveikatai palankumo ir skaitmeninimo / dirbtinio intelekto brandos lygiui nustatyti parinkimas	14
2.TYRIMO METODIKOS PARENGIMAS	16
2.1. Kiekybinio aprašomojo tyrimo modelio sukūrimas.....	16
3.TYRIMO REZULTATAI	21
4.IŠVADOS IR REKOMENDACIJOS	22
5.LITERATŪROS ŠARAŠAS	23
6.PRIEDAI	26

IVADAS

Skaitmeninimo ir dirbtinio intelekto (DI) technologijų atsiradimas sukėlė transformacijos bangą visose pasaulio pramonės šakose, ne išimtis ir maisto sistema. Šie ženklūs teigiami pokyčiai neaplenkia ir Lietuvos, sudarydami unikalią galimybę pertvarkyti nacionalines ar vietos maisto sistemas. Lietuvoje skaitmeninimo ir dirbtinio intelekto integravimas į maisto sistemą yra ne tik technologinės pažangos reikalas, bet ir strateginis imperatyvas, siekiant įgyvendinti Jungtinių Tautų darnaus vystymosi tikslus (DVT), ypač 2-ąjį DVT, kuriuo siekiama panaikinti badą ir skatinti tvarų žemės ūkį, ir 12-ąjį DVT, kuriame daugiausia dėmesio skiriama tvaraus vartojimo ir gamybos modeliams.

Lietuvos Respublikos Vyriausybės 2021–2030 metų nacionaliniame pažangos plane kaip vienas esminių šalies konkurencingumo ir produktyvumo didinimo veiksnių yra įvardintas visos valstybės skaitmeninimas ir technologinis atsinaujinimas, o skaitmeninės Europos programoje pabrėžiama, kad vienas iš prioritetų turėtų būti aukšto lygio skaitmeninių įgūdžių ir skaitmeninių technologijų plataus naudojimo užtikrinimas visose ekonomikos srityse ir visuomeniniame gyvenime.

Lietuvos maisto sistema susiduria su įvairiais iššūkiais, pradedant klimato kaitos poveikiu ir baigiant būtinybe didinti maisto gamybos ir tiekimo grandinių efektyvumą. Skaitmeninių technologijų diegimas yra perspektyvus būdas spręsti šiuos iššūkius didinant produktyvumą, užtikrinant aprūpinimą maistu ir mažinant poveikį aplinkai. Anot Raheem (2019), maisto sistemos skaitmeninimas - tai inovatyvių technologijų taikymas siekiant pagerinti derliaus nuėmimo, perdirbimo, paskirstymo ir sandėliavimo operacijas žemės ūkio ir maisto produktų vertės grandinėje. Suomijos patirtis yra įtikinamas pavyzdys, kaip skaitmeninimas gali padėti iš naujo sukurti maisto sistemas. Įgyvendindama tokias iniciatyvas kaip REKO sistema ir novatoriškai naudodama blokų grandinės technologiją, Suomija pademonstravo skaitmeninių priemonių potencialą kuriant tvaresnes, veiksmingesnes ir skaidresnes maisto sistemas (Raheem, 2020). Be to, Suomijos požiūris į dirbtinį intelektą ir skaitmeninimą pabrėžia esminį šių technologijų vaidmenį skatinant lokalizuotus sprendimus ir bendruomeninius metodus, kurie yra būtini Lietuvos maisto sistemų įvairovei. Nagrinėdama Suomijos patirtį, kur skaitmeninimas buvo panaudotas maisto gamybos procesams optimizuoti, mažųjų gamintojų patekimui į rinką didinti ir vartotojų patirčiai gerinti pasitelkiant tokius išmaniuosius sprendimus kaip "Smartcart", Lietuva gali pasisemti vertingų įžvalgų. Estijoje, sąmoningas ir sistemingas skaitmeninės visuomenės vystymas yra strateginis Estijos pasirinkimas nuo 1994 m. Estijos politinė ir techninė vadovybė, pradėjusi kurti e. Estijos pagrindus, rėmėsi duomenų decentralizacijos, tarpusavio ryšingumo ir sklandžios tėkmės, atviro formato platformos ir viešo rakto infrastruktūros kūrimo principais (Karner, 2017). Šie savalaikiai sprendiniai ne tik supaprastina veiklą, bet ir suteikia daugiau galimybių vartotojams ir gamintojams, nes pagerėja ryšys ir priimami informacija pagrįsti sprendimai.

Geroji kaimyninių šalių, Suomijos, Estijos, skaitmeninės pažangos branda rodo, kad siekiant stiprinti nacionalinę maisto sistemą, būtų galima remtis strateginiu planavimu ir investicijomis, skatinant pereiti prie labiau individualizuotų, efektyvesnių ir visapusiškai tvarių maisto sistemų. Tokiam perėjimui toliau reikia teikti tvirtą politinę paramą, vystyti tarpsektorinį tarpsektorinio bendradarbiavimą, naudoti horizontaliąsias (skaitmeninimą ir dirbtinį intelektą), vystymosi efektyvumą užtikrinančias, priemones ir noro priimti pokyčius. Tai prielaidos, siekiant vystyti atsparias, aplinkos iššūkiuose

besitransformuojančias (išmaniąsias) ir tvarias maisto sistemas, integraliai susijusias su skaitmeninimu ir dirbtiniu intelektu.

Aukščiau išvardintos maisto sistemų nuoseklios transformacijos prielaidos ir pats procesas, DVT nacionalinių tikslų įgyvendinimas yra neatsiejamas nuo realios Europos sąjungos DVT įgyvendinimo ir vykdymo situacijos. Išvalgos, deklaruotos Europos Parlamento 2022 m. birželio 23 d. Europos Parlamento rezoliucijoje dėl darnaus vystymosi tikslų įgyvendinimo ir vykdymo (2022/2002(INI)) įvardija lėtėjantį DVT įgyvendinimą (nei viena šalis, įskaitant Europos šalis, iki 2030 m. nepasiekis visų darnaus vystymosi tikslų ir Europai pavyks pasiekti tik 26, t. y. 15 proc., iš 169 tikslų). Be deklaruotų iššūkių, vykdant DVT įgyvendinimą ir stebėseną, Europos komisija dar kartą patvirtina pakartotinį įsipareigojimą įgyvendinti Darbotvarkę iki 2030 metų, ir pabrėžia, kad įgyvendinant Darbotvarkę iki 2030 m. bus prisidedama prie teisingos ir įtraukios žaliosios ir skaitmeninės pertvarkos, atsižvelgiant į ES užmojus ir veiksmus, nurodytus Europos žaliajame kurse ir 2030 m. skaitmeninės politikos kelrodyje.

Įvertinant, kad liko mažiau nei septyneri metai, kad būtų pasiekti Darbotvarkės iki 2030 m. darnaus vystymosi tikslai Lietuvos maisto mokslininkai mano, kad būtina kuo skubiau kiekybiškai įvertinti Lietuvos maisto sistemos skaitmeninimo ir dirbtinio intelekto brandos lygį, kuris savo ruožtu atspindėtų holitinį transformacijos momentą, įsivertinant ekonominį gyvybingumą, socialinį teisingumą ir poveikio aplinkai mastą. Skubumą lemia poreikis nustatyti atskaitos tašką, pagal kurį būtų galima vertinti pažangą ir vadovautis strateginiais veiksmais. Skaitmeninės brandos įvertinimas pasitarnaus kaip pagrindinė priemonė, padedanti suprasti dabartinę technologinės integracijos būklę ir nustatyti esamas spragas bei galimybes.

Išsamus skaitmeninės brandos vertinimas leistų Lietuvos politikos formuotojams, ūkininkams, maisto perdirbėjams ir mažmenininkams priimti pagrįstus sprendimus, kur investuoti į technologijų atnaujinimą. Jis taip pat gali padėti nustatyti realius diegimo ir integravimo terminus, darbuotojų mokymus ir suderinti su tarptautine gerąja praktika bei standartais. Be to, toks vertinimas padės nustatyti stipriąsias puses, kurias reikia išnaudoti, ir silpnąsias vietas, kurias reikia šalinti, skatinant individualų požiūrį į skaitmeninę transformaciją, atitinkantį unikalius Lietuvos maisto sistemos poreikius, susijusius tvaruvas vystymosi ramsšiais: socialinio priimtumu, ekonomikos gyvybingumu ir ekologiniu pagrįstumu. Brandos lygio supratimas taip pat labai svarbus skatinant partnerystę tiek šalies viduje, tiek tarptautiniu mastu, kad būtų galima pasinaudoti technologijomis ir žinių perdavimu.

Neatidėliotini veiksmai, skirti Lietuvos maisto sistemos skaitmeninei ir dirbtinio intelekto brandai įvertinti, neabejotinai atvers kelią strateginei, koordinuotai ir veiksmingai pertvarkai. Tai labai svarbus žingsnis, kuriuo grindžiamas kelias link modernizuotos, konkurencingos ir tvarios maisto sistemos, suteikiantis Lietuvai galimybę ne tik įvykdyti savo įsipareigojimus, susijusius su DVT, bet ir užtikrinti savo nepriklausomybę maisto srityje bei ekonominę gerovę sparčiai besivystančioje skaitmeninėje eroje.

Tyrimo tikslas - buvo sukurti platformą bei metodologiją, padėsiančią vertinti maisto ekosistemos pažangos ir brandos lygį skirtingose jos srityse (pirminės gamybos, perdirbimo, paskirstymo ir pardavimo, vartojimo ir atliekų tvarkymo).

Tyrimo uždaviniai:

1. Išanalizuoti mokslinės literatūros duomenis ir parinkti kriterijus tvarumo, sveikatai palankumo ir skaitmeninimo / dirbtinio intelekto brandos lygiui nustatyti.
2. Įvertinti skirtingoms maisto sistemos dalims priklausančių įmonių, suinteresuotojų, brandos lygį tvarumo, sveikatai palankumo ir skaitmeninimo srityse, sukuriant pilotinę platformą su klausimynu, atliekant gautų duomenų analizę, nustatant koreliacinius ryšius tarp pasirinktų brandos lygio nustatymo kriterijų.
3. Sukurti empirinį modelio ir metodologiją, skirtą maisto ekosistemos tvarumo, sveikatai palankumo bei skaitmeninimo/ dirbtinio intelekto brandos lygiui įvertinti.
4. Tyrimo išvadas ir rekomendacijas pateikti ataskaitos forma.

1.LITERATŪROS APŽVALGA

1.1. Skaitmeninimo ir dirbtinio intelekto reikšmė pereinant prie tvarių maisto sistemų

Maisto sistemos (*angl. sutr. FS*) apima platų spektrą dalyvių ir su jais susijusias pridėtinės vertės kūrimo veiklas, apimančias augalinės ir gyvūninės kilmės žaliavų tiekimą, maisto produktų iš šių žaliavų gamybą, kaupimą, perdirbimą, paskirstymą, vartojimą ir šalinimą bei socialinę ir gamtinę aplinką, kurioje jie yra įterpti. Maisto sistema susideda iš posistemų (pvz., ūkininkavimo sistema, atliekų tvarkymo sistema, žaliavų tiekimo sistema ir kt.) ir sąveikauja su kitomis pagrindinėmis sistemomis (pvz., energetikos sistema, prekybos sistema, sveikatos sistema ir kt.). Tvarioje maisto sistemoje akcentuojami maisto aprūpinimo ir tinkamos mitybos klausimai, o tvari maisto gamyba yra tokio aprūpinimo maistu pagrindas. Aprūpinimo maistu užtikrinimas yra esminis darnaus vystymosi klausimas, t. y. siekiama apsirūpinti pakankamu maisto kiekiu tokiu būdu, kuris spręstų klimato kaitos, žemės degradacijos ir kitas su maisto gamyba susijusias problemas (Zuo ir kt., 2021).

Kad būtų sukurta tvari maisto tiekimo grandinė, reikia visų maisto grandinės dalyvių indėlio. Ūkininkai turi sparčiau keisti savo gamybos metodus, kad būtų pasiekta geresnių klimato ir aplinkos apsaugos rezultatų, padidėtų atsparumas klimato kaitai ir būtų mažinamas pramoninių išteklių (pvz., pesticidų, trąšų) naudojimas. Maisto pramonė turėtų pasiūlyti daugiau sveikų, tvarių maisto produktų už prieinamą kainą, kad būtų sumažintas bendras maisto sistemų aplinkosauginis pėdsakas (Europos Komisija, 2020). Pagal strategiją „Nuo ūkio iki stalo“ tvari maisto produktų gamyba ir maisto perdirbimas apimtų šias tvarumo kriterijų grupes: išteklių naudojimo; aplinkosaugos ir atsparumo klimato kaitai; ir aprūpinimo maistu užtikrinimo, maisto saugos ir kokybės.

Nustatyta daug "varomųjų jėgų", darančių poveikį maisto sistemai, tarp jų: (i) didėjantis pasaulio gyventojų skaičius ir besikeičianti mityba, (ii) žemės ūkio gamybai reikalingų išteklių (pvz., derlingos žemės, gėlo vandens, energijos) trūkumas, (iii) klimato kaita, (iv) mažėjanti biologinė įvairovė, (v) netinkamas valdymas ir (vi) konkuruojančios žemės ūkio sistemos (GO-Science, 2011; Marvin ir kt., 2019).

Dabartinė maisto sistema nepajėgi visiškai prisitaikyti prie šių veiksnių ir yra per daug išlaidi, teršianti aplinką ir eikvojanti gamtos išteklius. Raworth nuomone, jei dabartinės tendencijos išliks, pasaulinė maisto sistema nepajėgs užtikrinti sveikos, saugios ir maistingos mitybos didėjančiam gyventojų skaičiui saugiose planetos ribose (Raworth, 2017). Norint pereiti prie tvarios maisto sistemos, galinčios pasiekti šį tikslą, būtinas sisteminis požiūris.

Pagal sisteminį požiūrį, maisto tiekimo grandinėje visi veiksniai nuolat sąveikauja, pvz., per grįžtamojo ryšio kilpas (1 pav.), vyksta daugybė įtaką darančių veiksnių sąveikų, kurių mechanizmai dar ne iki galo išaiškinti. Juos aiškinantis buvo sukurti konceptualūs sisteminiai požiūriai, kuriuose atsižvelgiama į visas maisto sistemoje vykdomas veiklas ir jų tarpusavio ryšius, taip pat į maisto saugumą, socialinius ir ekonominius bei aplinkosaugos rodiklius (Berkum ir kt., 2018). Taigi, takomas holistinis požiūris, išplečiant tradicinę maisto tiekimo grandinę arba ūkininkavimo sistemą ir įtraukiant maisto sistemos ir jos socialinės, ekonominės ir biofizinės aplinkos sąveikas. Tokios sistemos padeda kurti integruotą tarptautinę maisto saugos, mitybos saugumo ir tarptautinio žemės ūkio verslo politiką.

Sisteminį požiūrį maisto tiekimo grandinėje pirmieji pritaikė *Wageningen universiteto* ir mokslinių tyrimų centro (WUR) mokslininkai (WUR, 2021a, WUR, 2021b). Jų nuomone, Europos skaitmeninės strategijos (Europos Komisija, 2021 m.) vizija turėtų būti derinama su Europos žaliojo kurso (Europos Komisija, 2020) vizija, kad būtų sukurta visiškai tvari maisto sistema, kurioje skaitmeniniai sprendimai ir dirbtinis intelektas (DI) gali padėti įveikti kylančius iššūkius (1 pav.). Tokių sisteminio požiūrio

naudojimą, išlaikant produktyvumą ir gerinant biologinę įvairovę (Viviano ir Locatelli, 2017). Šiuo atveju svarbus tvarių maisto sistemų kūrimo veiksnys bus ūkių ir maisto tiekimo grandinių skaitmeninimas. Tikimasi, kad per ateinančius dešimtmečius susiformuos duomenų technologija grindžiamas žemės ūkis. Įrangos gamintojai ir tiekėjai taip pat vis daugiau dėmesio skiria duomenimis grindžiamai veiklai. Ūkininkams prieinamos trijų kategorijų didžiųjų duomenų technologijos, įskaitant ūkių valdymo informacines sistemas (FMIS), tikslųjį ūkininkavimą ir žemės ūkio automatizavimą bei robotiką, kurios gali padėti spręsti paminėtus iššūkius (van Evert ir kt., 2017). Daiktų internetas (IoT) leidžia rinkti duomenis iš bet kurio maisto tiekimo grandinės etapo naudojant sudėtingus jutiklius ir prietaisus, kurie surinktus duomenis perduoda į centralizuotas duomenų saugyklas (Bouzembrak ir kt., 2019).

Ūkininkai šiuos duomenis gali naudoti (i) dirvožemio, klimato, pasėlių ir ūkinių gyvūnų būklės stebėsenai naudojant jutiklių sistemas; (ii) pasėlių, gyvūnų ir ūkio veiklos rezultatų lyginamajai analizei; (iii) atskaitomybei, kai ūkis pateikia skaitmeninę informaciją vyriausybei, tiekimo grandinės partneriams ir institucijoms, ir atvirksčiai; (iv) operatyvinių sprendimų auginant ir saugant pasėlius optimizavimui; (v) perprodukcijos prevencijai, geriau prognozuojant rinkos paklausą.

Duomenų iš skirtingų šaltinių (pvz., žemės stebėjimo duomenys, ūkyje esančių jutiklių sistemų duomenys, apskaitos duomenys (pvz., sąskaitos faktūros) ir maisto tiekimo grandinės platformų duomenys) derinimas viename ūkyje vis dar yra iššūkis. Šia kryptimi jau vykdomi keli techniniai projektai (FISpace, 2021; IoF2020, 2021) ir kuriamos stebėjimo sistemos (Pope ir Vrolijk, 2018).

Strategijoje "nuo ūkio iki stalo" siūloma išplėsti ūkių apskaitos duomenų tinklą į ūkių tvarumo tinklą. Galimybė rinkti tvarumo duomenis buvo išbandyta ir įrodyta bandomajame projekte, kuriame dalyvavo 9 ES valstybės narės (Vrolijk ir kt., 2016). Dėl didėjančio duomenų poreikio būtina pasitelkti skaitmeninimą, kad šie duomenys būtų renkami veiksmingiau. Dirbtinio intelekto metodai ir robotizuota apskaita padės efektyviau integruoti, apdoroti ir analizuoti duomenis veiksmingesniais ir naujais būdais. Ekonominių ir aplinkosaugos duomenų susiejimas suteiks galimybę įvertinti politikos priemonių ekonominį efektyvumą ir ūkininkų gebėjimą diegti inovacijas ūkio lygmeniu.

1.1.2. Maisto perdirbimas ir paskirstymas

Atsižvelgiant į pasaulinį mūsų maisto sistemos pobūdį, operacijos po derliaus nuėmimo, maisto perdirbimas ir paskirstymo logistika yra pagrindiniai jos sėkmingo veikimo elementai. Tačiau dėl šių pramonės šakų linijinio pobūdžio ir nuolatinio neefektyvumo jos yra švaisčios (FAO, 2019; FUSIONS, 2016) ir neatsparios trikdžiams, o didžioji dalis užaugintų maistinių medžiagų, pvz., baltymų, nepatenka ant „mūsų lėkščių“ (Aleksander ir kt., 2017). Dirbtinis intelektas ir duomenimis grįstos inovacijos suteikia galimybę spręsti šiuos iššūkius (Lezoche ir kt., 2020; Top ir Wigham, 2016 m.; Wolfert ir kt., 2017).

Būtina užtikrinti dabartinių maisto tiekimo grandinių atsparumą pandemijų, politinių konfliktų, stichinių nelaimių ir politikos pokyčių sukeltiems sutrikimams ir neapibrėžtumams. Kuriant taupias ir veiksmingas pasaulines maisto tiekimo grandines, visų pirma turi būti atsižvelgiama į jų atsparumą ir rizikos valdymą, tačiau jos taip pat turi tapti lankstesnės tiekiamų žaliavų rūšies ir kokybės atžvilgiu. Dirbtiniu intelektu pagrįsti metodai, apjungiantys duomenis iš įvairių šaltinių, gali būti naudingi vykdant prognozuojamąją rizikos analizę ar priimant sprendimus (Lezoche ir kt., 2020; Papadopoulou ir kt., 2017).

Dirbtinis intelektas jau dabar atlieka svarbų vaidmenį siekiant užkirsti kelią maisto švaistymui mažmenininkų parduotuvėse, siūlydamas dinamišką kainodarą pagal likusią produkto tinkamumo vartoti

trukmę (Burman ir kt., 2021; Chen ir kt., 2018). Jis taip pat gali veiksmingai pažymėti produktus, kurių tinkamumo jutikliai ir dirbtinis intelektas gali būti naudojami toliau tobulinant tokius modelius, numatant faktinę produkto kokybę ir tinkamumo vartoti trukmę, o ne fiksuotą tinkamumo vartoti datą, arba atsekamumo sistemoje, siekiant užtikrinti maisto saugą visoje tiekimo grandinėje (Jin ir kt., 2020). Vaizdo atpažinimo technologijos ir dirbtinis intelektas taip pat padeda kovoti su maisto švaistymu maitinimo paslaugų įmonėse. Tyrimai rodo, kad dirbtiniu būdu priimami dinaminiai kainodaros sprendimai žmonėms paprastai yra nematomi, o tai taip pat sukelia socialinių ir etinių problemų, susijusių su algoritmine atsakomybe ir atskaitomybe (Martin, 2019; Seele ir kt., 2021).

Didelės apimties duomenų tvarkymas yra sudėtingas, reikalauja daug laiko ir didelės skaičiavimo infrastruktūros. Įvairios organizacijos jau dabar tam taiko debesijos technologiją, tačiau moksliniai tyrimai pritaikant debesijos technologiją didžiųjų duomenų tvarkymui maisto grandinėje dar tik pradedami. Maisto grandinėje dar nėra iki galo išspręstos kelios mokslinės problemos, tokios kaip mastelio keitimas, prieinamumas, duomenų vientisumas, duomenų transformavimas, duomenų valdymas, privatumo ir teisiniai klausimai. Be to, debesijos technologija gali paspartinti "nuo laboratorijos iki mėginio" metodo įgyvendinimą, kai maisto saugos duomenys generuojami vietoje nešiojamaisiais prietaisais ir (arba) vietoje esančiais jutikliais (daiktų internetas), po to perduodami į centrinę debesijos duomenų e-infrastruktūrą, apdorojami ir analizuojami internetu. Rezultatai tiesiogiai siunčiami atgal ūkio subjektui, kad jis galėtų vietoje priimti sprendimus dėl atitikties maisto saugos teisės aktams. Toks metodas sumažintų išlaidas ir padidintų maisto saugos kontrolės veiksmingumą, nes į laboratoriją būtų vežami tik įtariami mėginiai, kuriuos čia naudojant sudėtingą įrangą analizuotų aukštos kvalifikacijos laboratorijos darbuotojai. Tuo atveju, jei bus galima taikyti daiktų internetą, galima rizika maisto saugai būtų nustatyta anksčiau, todėl būtų galima imtis skubių veiksmų rizikai sumažinti. Daiktų interneto taikymo galimybes maisto saugos ir kokybės kontrolės srityje jau tiria įvairios Kinijos mokslininkų grupės (Bouzembrak ir kt., 2019).

Maisto perdirbimo pramonėje jau dabar integruojamos naujos technologijos, kurios turės įtakos vertės kūrimui, darbo organizavimui ir tolesnėms įmonių paslaugoms. Ekspertai kalba apie visišką gamybos modelio pasikeitimą, pereinant prie išmaniosios gamyklos ir pramonės 4.0, kuri pasižymi technine kibernetinių-fizikinių sistemų integracija į gamybos ir logistikos procesus, taip pat daiktų interneto ir paslaugų naudojimu pramoniniuose procesuose (Bartodziej, 2017; Braun ir kt., 2018).

Taip pat maisto perdirbimo pramonė imasi iniciatyvos kurti atsakingas maisto tiekimo grandines. Dirbtinis intelektas sparčiai diegiamas produktų kūrimo, laboratorinių ir bandomųjų gamybinių eksperimentų, tiekimo logistikos ir rinkodaros procesuose (Ghoreishi ir Happonen, 2020). Plačiai nagrinėjama skaitmeninio dvynio (*angl. Digital Twin*), kaip virtualaus realiuoju laiku veikiančio gamybos linijos ar viso plano atitikmens, koncepcija, ir jos panaudojimo galimybės gamybos efektyvumui ir našumui padidinti, produktų kokybei pagerinti (WUR, 2021a). Skaitmeninio dvynio koncepcija siūlo realiuoju laiku sujungti fizinį procesą su jo virtualiu atitikmeniu, o tai gali suteikti transformuojančių išvalgų apie dabartinių sistemų veikimą, taip pat parūpinti virtualią platformą eksperimentams. WUR mokslininkai kuria skaitmeninius dvynius keliose srityse, tokiose kaip virtualūs pomidorų pasėliai, maisto racionas ir skaitmeninis ateities ūkis (WUR, 2021b).

1.1.3. Mažmeninė maisto prekyba, viešasis maitinimas ir vartojimas

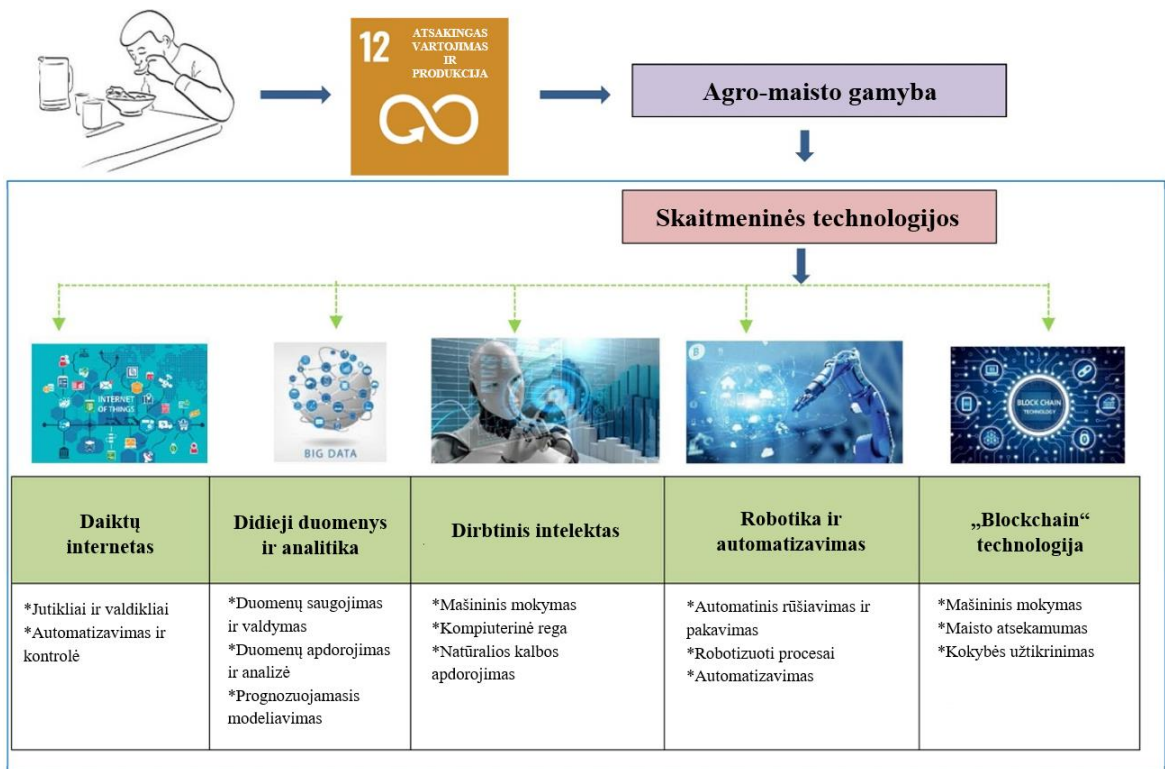
Tradiciskai švietimas ir bendroji informacija apie produktus turi padėti vartotojui priimti "teisingus" sprendimus. Strategijoje "nuo ūkio iki stalo" daug dėmesio skiriama produktų etiketėms, kad vartotojai rinktųsi sveikus ir tvarius maisto produktus. Tolesniuose etapuose planuojama pereiti prie paramos vartotojų sprendimams, derinant turimas žinias ir duomenis. Naudojant naujas informacines

technologijas, rekomendacijas galima pateikti konkrečiai, atsižvelgiant į aplinkybes ir asmeniškai. Ypač daug dėmesio sulaukia individualizuotos mitybos rekomendacijų sritis. "Individualizuotoje mityboje naudojama konkrečiam asmeniui skirta informacija, pagrįsta moksliniais įrodymais, siekiant skatinti mitybos elgsenos pokyčius, kurie gali duoti išmatuojamos naudos sveikatai" (Adams ir kt., 2020). App (kompiuterinių programėlių) parduotuvėse galima rasti tūkstančius įvairių rekomendacinių programėlių, tačiau daugelis jų neturi tokio poveikio, nes neapima ir nesujungia visų žinių ir duomenų (Franco ir kt., 2016).

Norint užtikrinti tinkamą paramos vartotojų sprendimams sistemų, skirtų sveikatos, aplinkosaugos ar kitiems tikslams (arba visų šių tikslų deriniui viename), veikimą, reikia nuolat įvesti kokybiškus duomenis iš įvairių sričių ir daugelio šaltinių. Tai apima duomenis apie maisto ir maitinimo produktus, jų ingredientus, vartotojo būklę ir pageidavimus, situaciją ir mitybos įpročius.

1.2. Žemės ūkio ir maisto perdirbimo sektoriuje naudojamos skaitmeninės technologijos

Žemės ūkio ir maisto perdirbime naudojamos kelių rūšių skaitmeninės technologijos, tokios kaip dirbtinis intelektas, daiktų internetas, blokų grandinė, didieji duomenys, robotika ir išmanieji jutikliai (2 pav.).



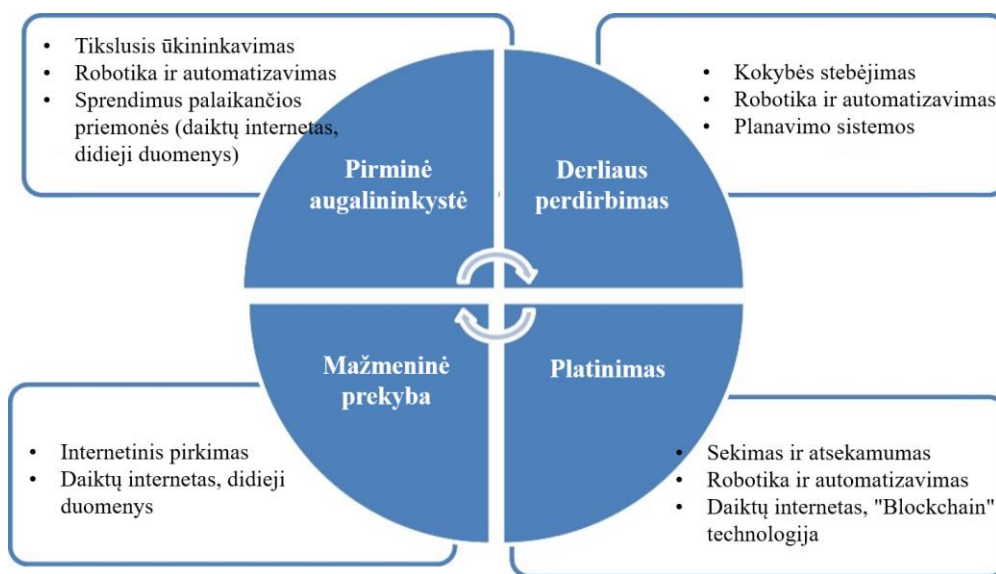
2 pav. Įvairios skaitmeninės technologijos, naudojamos žemės ūkyje ir maisto perdirbime (Konfo ir kt., 2023)

Skaitmeninės technologijos gali būti naudojamos visoje maisto tiekimo grandinėje - nuo ūkio iki stalo (arba nuo lauko iki šakutės (F2F)). Pagrindinis šių technologijų tikslas – didinti našumą, mažinti maisto saugos riziką ir didinti visos tiekimo grandinės tvarumą. 3 paveiksle pateikta žemės ūkio ir maisto tiekimo grandinės skaitmeninimo koncepcija.

1.2.1. Dirbtinis intelektas

Pagrindinis dirbtinio intelekto tikslas – padaryti kompiuterius, mašinas ar robotus protingus, panašius į žmogaus mąstymą. Technologijų srityje dirbtinis intelektas turėtų gebėti lengvai identifikuoti daiktus, atpažinti objektus, analizuoti profilius, rasti ir priimti sprendimus, numatyti veiksmus, išmokti bei įsiminti kitus tiekimo grandinės etapus (Ben Ayed ir kt., 2022; Hassoun ir kt., 2022).

Žemės ūkio ir maisto perdirbimo sektoriuje dirbtinis intelektas gali būti naudojamas automatizuojant tokias užduotis, kaip produktų rūšiavimas, skirstymas ir pakavimas, derliaus prognozavimas ir maisto saugos rizikos nustatymas. Jis taip pat gali būti taikomas siekiant sumažinti rizikos veiksnius, pagerinti aprūpinimą maistu, kartu mažinant skurdą, badą ir išsaugant gamtos išteklius. Naujos dirbtiniu intelektu grindžiamos technologijos gali padėti padidinti maisto tiekimo grandinės produktyvumą ir efektyvumą, kartu gerinant žemės ūkį ir išsaugant biologinę įvairovę (Lezoche ir kt., 2020; Ben Ayed ir kt., 2022).



3 pav. Žemės ūkio ir maisto tiekimo grandinės skaitmeninimo koncepcija (Konfo ir kt., 2023)

1.2.2. Daiktų internetas

Daiktų internetas (*ang. sutr. IoT*) - tai jutiklių ir vykdomųjų mechanizmų integravimas į fizinius objektus, sudarant galimybę juos sujungti laidiniais ir belaidžiais tinklais, dažnai naudojant tą pačią protokolą, kuris naudojamas internete. Daiktų interneto rinka 2021 m. sudarė 385 mlrd. dolerių ir prognozuojama, kad iki 2029 m. ji pasieks daugiau kaip 2,4 trilijono dolerių ("Insights", 2021 m.). Šios koncepcijos esmė – prijungti prietaisus ir jutiklius prie interneto, kad būtų galima rinkti duomenis ir automatizuoti procesus (Colizzi ir kt., 2020; Ben Ayed ir kt., 2022).

Daiktų interneto sistemų integravimas žemės ūkyje, dar vadinamas "tiksliaja žemdirbyste" arba "išmaniaja žemdirbyste", suteikia papildomų duomenų, apibūdinančių žemės ūkio ypatybes, pavyzdžiui, vandenį, dirvožemį, žmones ir gyvūnus (Colizzi ir kt., 2020). Pastaruoju metu moksliniuose tyrimuose vis daugiau dėmesio skiriama daiktų internetui, pabrėžiant daiktų interneto sistemų plitimą. Daiktų interneto sistemų įtraukimas į žemės ūkio praktiką kelia tam tikrų mokslinių iššūkių, ypač susijusių su duomenų saugojimu ir naudojimu debesijoje (protokolai, saugumas ir kt.), veiklos stebėsenai ir kt. (Lezoche ir kt., 2020). Be to, galutinis naudotojas turi išmokti naudotis šia technologija ir suprasti, kur galima ją taikyti (Ben Ayed ir kt., 2022).

Dauguma skaitmeninių daiktų interneto technologijų taikymo sričių žemės ūkio ir maisto pramonėje yra susijusios su temperatūros, drėgmės, spalvos ar atsekamumo stebėjimu ir tvarumo gerinimu (Endres ir kt., 2022). Tokios technologijos taikymas turi didelę reikšmę daržovių tiekimo grandinėje, ypač žemės ūkio etape. Šiame etape reikalinga tiksli rodiklių stebėseną, kad būtų pagerintas daržovių produktyvumas. Įrodyta, kad daiktų interneto sistemos padeda optimizuoti veiklos parametrus, įskaitant pesticidų ir vandens naudojimą (Moysiadis ir kt., 2021; Hassoun ir kt., 2022). Naudojant daiktų internetą galima stebėti ir kitus parametrus, pavyzdžiui, dirvožemio sudėtį, drėgmę, temperatūrą ir pasėlių fiziologiją, o tai gali suteikti informacijos tikslesnei pasėlių stebėsenai (Maraveas ir Bartzanas, 2021; Hassoun ir kt., 2022; Karmakar ir kt., 2022).

1.2.3. Blokų grandinė

Blokų grandinė (*angl. Blockchain*) yra skaitmeninės knygos technologija, kurioje saugiai ir decentralizuotai registruojami sandoriai ir saugomi duomenys. Ji buvo sukurta 2009 m. ir yra trijų skirtingų tipų: atviroji blokų grandinė, privati blokų grandinė ir hibridinė blokų grandinė (Ben Ayed ir kt., 2022). Šios technologijos naudojimas žemės ūkyje ir maisto tiekimo grandinėje palaipsniui plečiasi dėl jos tinkamumo atsekamumui, skaidrumui, saugai ir patikimumui užtikrinti (Ben Ayed ir kt., 2022). Tai leidžia novatoriškai spręsti šias sektoriaus problemas.

1.2.4. Didžiųjų duomenų technologijos

Didžiųjų duomenų (*angl. sutr. BD*) technologija taikoma duomenims, kurie yra tokie dideli, įvairūs ir greitai kintantys, kad įprastos technologijos, priemonės ir sistemos nepajėgia jų veiksmingai apdoroti ir valdyti (Hassoun ir kt., 2022).

Didžiųjų duomenų technologijų integravimas į žemės ūkio ir maisto pramonės projektus yra labai svarbus trijose pagrindinėse srityse: (i) ūkininkų duomenų praplėtimas siekiant gauti naujų žinių; (ii) informacinių technologijų paslaugų teikėjų ir programinės įrangos kūrėjų novatoriškų paslaugų ir procesų kūrimas; (iii) BD modelių, susijusių su ICT ir ateities gamyklomis (*angl. Factories of the Future, FoF*), išplėtimas ir pritaikymas žemės ūkiui. Šiuo metu egzistuoja daugybė didžiųjų duomenų saugyklų, kurios užtikrina žemės ūkio ir maisto srities duomenų prieinamumą ir panaudojimą. Pavyzdžiui, "Nacionalinis klimato duomenų centras"; palydovinės nuotraukos ir metrologinė informacija iš "Google" ir "NASAEarth Exchange"; dirvožemio, vandens ir geoerdviniai duomenys iš Nacionalinės išteklių apsaugos tarnybos (JAV); "OpenCorporates" ir kt. (Lezoche ir kt., 2020; Ben Ayed ir kt., 2022).

1.2.5. Automatizavimas ir robotizavimas

Skaitmeninės technologijos leidžia mašinoms ir robotams atlikti užduotis, kurias anksčiau atlikdavo žmonės. Automatizavimas ir robotizavimas skatina išmaniojo žemės ūkio plėtrą ir spartina perėjimą prie išmaniųjų gamyklų maisto pramonėje (Hassoun ir kt., 2022). Žemės ūkio ir maisto perdirbimo srityje robotai gali užprogramuoti veiklas, pvz., sėjos, sodinimo, ravėjimo, rinkimo, tvarkymo, derliaus nuėmimo, pjaustymo, smulkinimo ir pakavimo, taip didinant efektyvumą ir mažinant darbo jėgos sąnaudas (Botta ir kt., 2022).

Literatūros apžvalga parodė, kad skaitmeninimas ir dirbtinis intelektas yra svarbūs transformuojant maisto sistemas į tvarias maisto sistemas. Tai turės įtakos sistemos dalyvių vaidmenims ir sąveikai visoje maisto tiekimo grandinėje nuo ūkininkų iki vartotojų. Vis didesnis daiktų interneto, dirbtinio intelekto, blokų grandinės ir robotikos technologijų integravimas į žemės ūkio ir maisto perdirbimo sektorius rodo šių technologijų perspektyvumą. Tačiau norint pilnai išnaudoti šių technologijų potencialą, būtina sutelkti visų suinteresuotųjų šalių pastangas sprendžiant tokius iššūkius, kaip kaina, technologinis

prieinamumas, techninė vartotojų kompetencija ir pasipriešinimas pokyčiams. Maisto sistemos atžvilgiu, toliaus tikslinga vystyti tokias skaitmenines technologijas, kaip didžiųjų duomenų, autonominių sistemų, 3D spausdinimo, virtualios ir papildytos realybės bei blokų grandinės.

1.2. Kriterijų tvarumo, sveikatai palankumo ir skaitmeninimo / dirbtinio intelekto brandos lygiui nustatyti parinkimas

Žaliasis kursas suteikė Europai palankias sąlygas tapti perėjimo prie tvaraus žemės ūkio ir tvarių maisto sistemų pradininke. Maisto sistema yra sudaryta iš aplinkos, žmonių, institucijų ir procesų, kurių metu yra gaminami, apdorojami ir pateikiami vartotojams žemės ūkio produktai. Maisto sistema susideda iš posistemų (pvz., ūkininkavimo sistema, atliekų tvarkymo sistema, žaliavų tiekimo sistema ir kt.) ir sąveikauja su kitomis pagrindinėmis sistemomis (pvz., energetikos sistema, prekybos sistema, sveikatos sistema ir kt.) (4 pav.). Tvarioje maisto sistemoje akcentuojami maisto aprūpinimo ir tinkamos mitybos klausimai, tuo tarpu tvari maisto gamyba yra tokio aprūpinimo maistu pagrindas. Aprūpinimo maistu užtikrinimas yra esminis darnaus vystymosi klausimas, t. y. siekiama apsirūpinti pakankamu maisto kiekiu tokiu būdu, kuris spręstų klimato kaitos, žemės degradacijos ir kitas su maisto gamyba susijusias problemas (Zuo ir kt., 2021). Kiekviena maisto sistemos dalis (posistemė) turi įtakos galutiniam maisto prieinamumui ir pasiekiamumui – vartotojų galimybei pasirinkti tinkamus ir saugius maisto produktus bei sveiką mitybą. Tvari maisto gamyba pasiekama saugant ir gerinant gamtinę aplinką, užtikrinant tinkamas socialines ir ekonomines sąlygas ūkininkams bei jų darbuotojams, saugant sveikatą ir palaikant augamųjų rūšių gerovę (Aliwa, 2019).



4 pav. Pagrindinės maisto sistemos dalys

Siekiant pereiti prie tvarių, sveikatai palankių ir išmanių maisto sistemų reikia įsivertinti dabartinę jos situaciją visose trijose dimensijose: tvarumo, sveikatai palankumo ir skaitmeninimo. Toks vertinimas yra tikslingas visose maisto sistemos dalyse: pirminės gamybos (auginimo), maisto perdirbimo, paskirstymo, pardavimo (mažmeninės prekybos), maisto paslaugų teikimo, maisto vartojimo ir maisto atliekų tvarkymo. Pagal strategiją „Nuo ūkio iki stalo“ (Europos Komisija, 2020) tvari maisto produktų gamyba ir maisto perdirbimas apima šias tvarumo kriterijų grupes: išteklių naudojimo, aplinkosaugos ir atsparumo klimato kaitai, ir aprūpinimo maistu užtikrinimo, maisto saugos ir kokybės.

Maisto sistemos tvarumo vertinimas paprastai apima tris dimensijas – aplinkos, ekonominę bei socialinę. Daugumoje literatūros šaltinių aplinkos tvarumas apibrėžiamas kaip gebėjimas panaudoti

gamtos išteklius gaminant maistą ir kitus produktus ar teikiant paslaugas, reikalingas dabartinei kartai, tokiu būdu, kad nebūtų pažeisti ateities interesai. Vertinimui taikomi aplinkosauginiai tvarumo kriterijai yra universalieji (Tsolakis ir kt. 2018). Dažniausiai vertinamas vandens ir energijos sunaudojimas bei atliekų susidarymas ir tvarkymas, maisto sauga ir poveikis sveikatai. Ekonominis tvarumas paprastai laikomas ekonominiu gyvybingumu, t. y. ar sparčiai besikeičiančiame pasaulyje įmonė gali išgyventi ilgą laiką (Latruffe ir kt., 2016). Mokslinėje literatūroje randami įvairūs tvarios gamybos ekonominiai kriterijai, dažniausiai pasitaikantys yra investicijų, gamybos ir medžiagų kaštų kriterijai. Pamatinis socialinio tvarumo tikslas – pagrindinių žmogaus poreikių patenkinimas bei žmogaus teisių užtikrinimas (Arvidsson Segerkvist ir kt., 2020). Kadangi socialinio tvarumo problematika yra labai plati, socialiniam tvarumui matuoti mokslinėje literatūroje randami labai įvairūs kriterijai, svarbiausi iš jų sertifikavimas, darbuotojų sauga, maisto sauga. Parenkant maisto sistemos tvarumo vertinimo kriterijus taip pat remtasi Vytauto Didžiojo Universiteto parengta Tvarios gamybos žemės ūkyje, akvakultūroje ir maisto gamyboje vertinimo sistema (Tvarios gamybos vertinimo sistema (TGVS)) (Vitunskienė, 2022).

Ne mažiau svarbus aspektas yra tvarumo, sveikatos ir skaitmeninio / dirbtinio intelekto sanglauda, nes skaitmeninių technologijų panaudojimas ir kuriami nauji sprendimai turi atliepti tvarumo tikslus; o efektyvūs tvarumo tikslų pasiekimo metodai vis dažniau reikalauja duomenų analizės ir dirbtinio intelekto algoritmų įtraukimo (pvz., prognozavimas) (1 lentelė).

1 lentelė. Skaitmeninių technologijų reikšmė siekiant tvarumo tikslų

Maisto sistemos dalys	1. Ekonominis tvarumas	2. Socialinis tvarumas	3. Aplinkos tvarumas
Pirminė gamyba	Tikslusis ūkininkavimas leidžia iš anksto prognozuoti, greičiau priimti tikslesnius sprendimus, vykdyti savikontrolę	Tikslusis ūkininkavimas leidžia užtikrinti daugiau sveikų maisto produktų, pagerinti jų kokybę	Tikslusis ūkininkavimas gali pagerinti tvarumą efektyviau naudojant žemę, vandenį ir degalus
Maisto perdirbimas	Robotika ir automatizavimas maisto pramonėje gali pagerinti kokybę, sutaupyti laiko ir vietos	Robotai naudingi sprendžiant sveikatos ir saugos klausimus, nes juos galima pritaikyti darbui ekstremaliomis sąlygomis, pvz., labai karštoje temperatūroje	S&S maisto gamybos metodai gali sumažinti neigiamą išorinį poveikį aplinkai
Paskirstymas	Autonominis maisto pristatymas padeda prisitaikyti prie augančių pramonės pokyčių	Išmanioji logistika suteikia galimybę patogiai ir greitai pristatyti platesnį šviežių produktų asortimentą	Išmanioji logistika užtikrina optimalius maisto pristatymo maršrutus ir būdus, taip sumažindama eismo intensyvumą gatvėse
Mažmeninė prekyba	Skaitmeniniai ir išmanieji sprendimai leidžia padidinti pardavimo efektyvumą, suteikdami savitarnos paslaugų galimybes	Skaitmeniniai ir išmanieji sprendimai leidžia rinkti duomenis ir teikti lankstesnes, individualizuotas paslaugas	Išmanieji atsinaujinantys energijos šaltiniai ir anglies dioksido išmetimo kompensavimas leidžia sumažinti parduotuvės poveikį aplinkai
Maisto paslaugos	Išmaniosios programėlės (apps) suteikia daugiau verslo galimybių ir taupo išlaidas	Išmaniosios programėlės (apps) palengvina maisto užsakymą ir pristatymą	S&S pagrįstas maisto pristatymas gali daryti teigiamą poveikį aplinkai: atliekos ir išmetami

			teršalai
Vartojimas	Optimizuojant ir prognozuojant maisto suvartojimą, mažėja maisto atliekų	Dirbtiniu intelektu pagrįstos mitybos programėlės gali padėti žmonėms stebėti ir rūpintis savo sveikata	Pažangios maisto planavimo ir vartojimo sistemos padeda mažiau švaistyti maistą
Atliekų tvarkymas	Pažangūs atliekų perdirbimo sprendimai , leidžiantys išgauti naudingas medžiagas ar efektyviai panaudoti energijos gamybai	Pažangūs perdirbimo sprendimai kuria naujas darbo vietas sektoriuje, didina bendruomenės atsakomybę	Pažangūs perdirbimo sprendimai sukuria naujų darbo vietų šiame sektoriuje

Sudarant maisto sistemos tvarumo, sveikatai palankumo ir skaitmeninimo / dirbtinio intelekto vertinimo metodiką būtina įtraukti pačius informatyviausius kriterijus ir jų kiekybinių įverčius leidžiančius nustatyti tvarumo ir skaitmeninimo / dirbtinio intelekto brandos lygį visose maisto sistemos dalyse. Tokie veiksniai, kaip CO₂ pėdsakas, atsinaujinantys energijos šaltiniai, įmonių investicijos aplinkos tausojimui ir kt.; duomenų valdymas (kaupimo, tvarkymo, prieigos skaitmenizavimas), įmonių išlaidos į automatizavimo ir/ar dirbtiniu intelektu grįstus sprendimus, robotų iš žmonių santykis darbe ir kiti, yra aktualūs vertinant išskirtas dimensijas bet kurioje Europos sąjungos šalyje. Parinkti vertinimo kriterijai pateikti 2 lentelėje.

2.TYRIMO METODIKOS PARENGIMAS

2.1. Kiekybinio aprašomojo tyrimo modelio sukūrimas

Įsivertinti maisto ekosistemos dalyvių dirbtinio intelekto, skaitmenizacijos, sveikatai palankumo lygius visų pirmą teko skirti nemažą dėmesį susipažinti su pačiomis technologijomis, kurios šiuo metu taiko įmonės savo procesuose skirtinguose sektoriuose. Pagrindiniai šaltiniai šioms technologijoms suprasti yra mokslinė literatūra, kuri nagrinėja sparčiai besikeičiančias technologijas ir jų taikymą maisto ekosistemoje, technologijų konferencijos, technologijų inovacijų organizacijų tinklaraščiai, kurie skleidžia naujausių technologijų inovacijas, Europos sąjungos publikacijas apie darnaus vystymosi gaires (The food institute, 2023, Fang et al., 2023, European comission, 2023, future farming, 2023, OECD, 2023, Science and robotics, 2023, Foundations and trends in machine learning, 2023, Science of food agriculture, 2023).

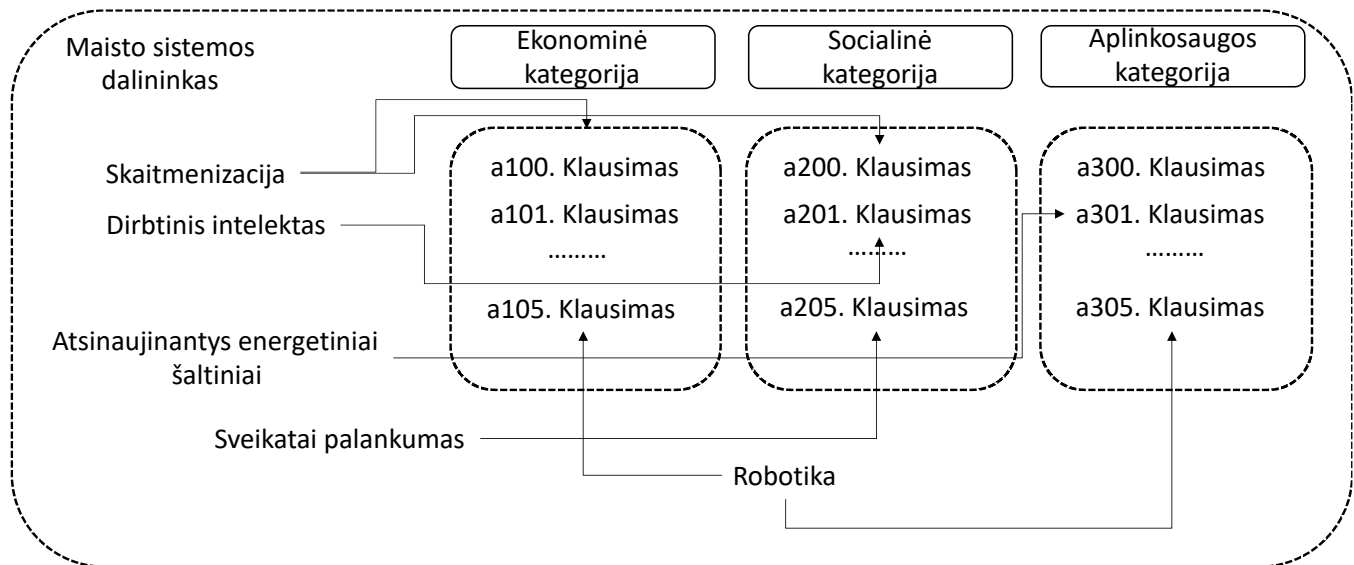
Susipažinus su esamomis technologijomis sekantis žingsnis buvo pasirinkta kriterijų klasifikacija, kuri galėtų ne tik pasitarnauti šio projekto užduotims įvykdyti bet ir ateityje galėtų būti pernaudojama, todėl nuspręsta pasirinkti tris klasikines socialiniuose moksluose paplitusias dimensijas: ekonominę, socialinę ir aplinkosaugos (Basiago, 1998). Papildomai, vietoj to, kad apžvelgti tik tris iškeltus tikslus, tai yra įvertinti dirbtinio intelekto technologijos naudojimą, įmonės pastangas į sveikatai palankaus maisto procesų vystimą, ir įmonės pastangas išsaugoti gamtą, nusprendėme išplėsti analizės imtį į šias aštuonias kategorijas: skaitmenizacijos lygis, dirbtinio intelekto naudojimas, duomenų valdymo lygis, realaus laiko duomenų galimybės, sveikatai palankumas, CO₂ mažinimo pastangos, atsinaujinančių energetinių šaltinių puoselėjimas, robotika. Kiekvieno kriterijaus aprašymas pateiktas 2 lentelėje.

2 lentelė. Kriterijų aprašymas

Kriterijai	Aprašymas
Skaitmenizacijos lygis	Verslo skaitmenizavimas yra vienas iš įmonės etapų, kuriuo metu įmonės perkelia tam tikrus savo veiklos procesus į skaitmeninę erdvę. Įmonės sugebančios skaitmenizuoti savo darbo procesus gali naudoti inovatyvias programas tiems procesams stebėti ir valdyti. Fizinėje

	erdvėje duomenų rinkimas, įrašymas tiek jų transmisija iš vienos vietos į kitą yra lėtas ir neefektyvus procesas, todėl įmonės kurios puoselėja savo procesų skaitmenizaciją įgauna konkurencinį pranašumą (Ahmad & Murray (2019).
Duomenų valdymo lygis	Skaitmenizacijos procese, egzistuoja svarbus etapas, kada įmonės gali turėti new tik strategiją rinkti duomenis apie įvairius procesus bet ir talpinti juos duomenų saugyklose, debesyse bei duombazėse. Šis procesų valdymas leidžia efektyviai valdyti duomenis, kurti duomenų greitkelius, kurie toliau gali padėti efektyviai įmonės duomenis integruoti su duomenų analizės įrankiais (Agrawal et al., 2022).
Realaus laiko duomenų galimybė	Įvykdžius skaitmenizacijos bei duomenų valdymo strategijas, sekantis žingsnis yra judėjimas link realaus duomenų rinkimo infrastruktūros. Realaus laiko duomenys apie įmonėje vykstančius procesus įgalina įmones greičiau adaptuotis prie vykstančių pokyčių ir prisitaikyti (Fournier, 2021).
Dirbtinio intelekto naudojimas	Dirbtinis intelektas yra neseniai įvykęs naujas transformacijos procesas, kuriuo metu yra pasitelkiama mašininio mokymosi, neuroninių tinklų metodai, kurie geba autonominiu būdu atpažinti objektus, priimti sprendimus, automatizuoti procesus ir veiklas (Ameet, 2022).
Robotika	Robotikos taikymas maisto ekosistemoje gali ženkliai padidinti efektyvumą ir saugumą. Automatizuotos robotinės sistemos gali būti naudojamos nuo žemės ūkio produkcijos augimo etapo iki jos perdirbimo ir pristatymo vartotojams. Pavyzdžiui, sėjos robotai gali tiksliai pasėti sėklas, o dirbimo robotai gali atlikti įvairias užduotis, tokiu būdu sumažindami žmogaus rankų darbo poreikį. Be to, robotai gali būti naudojami stebėti ir valdyti augalų augimą, taip užtikrinant optimalias augimo sąlygas (Torero, 2021).
Sveikatai palankumas	Maisto ekosistemoje egzistuojantys skaitmenizacijos procesai turėtų pasitarnauti tvariai visuomenės raidai. Skaitmeniniai prietaisai gali padėti nustatyti produktų gedimus, pavojingų medžiagų formavimąsi, taip išvengiant neigiamų pasekmių (Konfo et al., 2023).
CO ₂ mažinimo pastangos	Pastangos mažinti CO ₂ išskyrimą yra kritiškos maisto ekosistemai ir jos dalyviams. Energijos šaltinio diversifikavimas, tvarūs žemės ūkio praktikos ir inovatyvios technologijos leidžia maisto gamybos grandinei mažinti neigiamą poveikį aplinkai. Tai taip pat padeda išsaugoti biologinę įvairovę ir užtikrinti ilgalaikę žemės ūkio sistemos tvarumą, kuris yra esminis visiems maisto grandinės dalyviams, nuo ūkininkų iki vartotojų (Mirzabaev, 2023).
Atsinaujinančių energetinių šaltinių puoselėjimas	Atsinaujinančių energetinių šaltinių puoselėjimas maisto ekosistemos dalyviams yra svarbus žingsnis siekiant išsaugoti gamtą. Panaudojant saulės, vėjo ir hidroenergiją, galime sumažinti priklausomybę nuo kenksmingų, neatsinaujinančių energijos šaltinių ir mažinti šiltnamio dujų išskyrimą. Be to, tai skatina inovacijas ir technologinį progresą, kuris gali būti naudingas visų maisto grandinės dalyvių, nuo ūkininkų iki vartotojų. Ilgalaikis atsinaujinančių energetinių šaltinių naudojimas prisideda prie ilgalaikės žemės ūkio sistemos tvarumo ir padeda išsaugoti natūralias ekosistemas bei biologinę įvairovę (Koppelmäki, et al. 2023).

Kadangi šių technologijų naudojimas yra giluminiai įmonės procesai, ir viešų duomenų apie įmonės technologijų pažangą negalima surasti, nuspręsta pasirinkti klausimyno metodiką, kur kiekvienam maisto sistemos dalininkui - suinteresuotajam užduodamas klausimas yra susiejamas su viena iš aštuonių kriterijų kategorijų. Svarbus aspektas yra aštuonių kategorijų horizontali integracija tarp ekonominės, socialinės ir aplinkosaugos kategorijų. Kitaip tariant, kiekvienas iš aštuonių kriterijų nebūtinai turi būti apribotas tik vienam klausimui ar vienos kategorijos rėžiuose. Kaip pavyzdys yra skaitmenizacijos lygis. Šis įmonės procesas gali prisidėti tiek prie ekonominės, socialinės ar aplinkosaugos gerovės. To rezultate, kaip iliustruoja 5 paveikslas, bet kuris iš aštuonių kriterijų gali būti priskirtas daugiau nei vienam klausimui skirtingose grupėse.



5 pav. Ekonominės, socialinės ir aplinkosaugos dimensijų bei kriterijų sąsajos koncepcija

Sudarant klausimyną stengtasi sekti įmonės procesų rutiną, pvz. jeigu nagrinėti ekonominę dimensiją, tai augintojas pirmiausiai įsigija sau reikalingas žaliavas, tada jas sėja, išgauna, sandėliuoja, parduoda ir atlieka kitas šios proceso grandinėje reikalingas užduotis. Kiekviename žingsnyje stengtasi paraleliai surasti kokios technologijos ar dirbtinio intelekto pavidalu ar kitais skaitmenizacijos įrankiais galėtų parodyti įmonės inovatyvumą. Papildomai, kadangi technologijos, kurias atsirinkome pateikti klausimyno adresatui yra vienos naujesnių ir gali turėti kelis pavadinimus, todėl, kad išvengti dviprasmybių nusprendėme prie kiekvieno klausimo pateikti tos technologijos paaiškinimą. Šis paaiškinimas gali ne tik padėti teisingiau atsakyti į klausimą, bet įmonėms, kurios tam tikros technologijos nežino, tai galėtų būti pirmas įvadas į šios technologijos pažinimą.

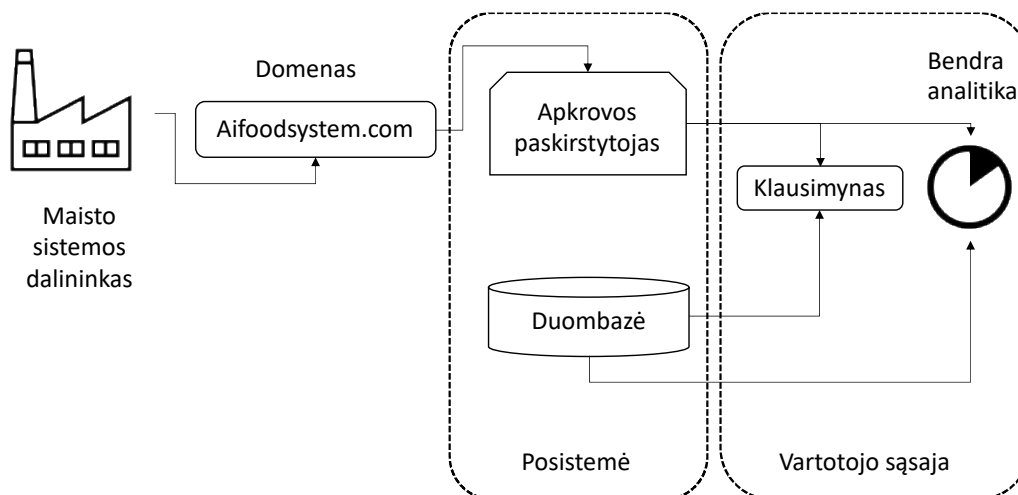
Galutinis klausimų kiekis sudarė 351 klausimą: iš kurių 58 paskirti pirminės maisto gamybos dalininkams - suinteresuotiesiems, 62 - maisto perdirbėjams, 50 maisto paskirstytojams, 68 – mažmeninės prekybos, 55 - viešojo maitinimo paslaugų, 32 - vartotojams, 26 - maisto atliekų perdirbimo įmonėms. Kaip pavyzdį teikiame Maisto sistemos pirminės maisto gamybos suinteresuotiesiems dalininkams skirtą klausimyną, kurį sudarė tokios pagrindinės dalys:

- a) Aprūpinimas ištekliais ir planavimas
- b) Sodinimas ir auginimas
- c) Derliaus nuėmimas
- d) Apdorojimas po derliaus nuėmimo
- e) Pakavimas ir platinimas
- f) Pardavimai ir rinkodara
- g) Finansų valdymas
- h) Sociliniai aspektai
- i) Aplinkosaugos aspektai.

Suformuotas klausimynas pateiktas 6.2. priede „Klausimynas maisto sistemos suinteresuotiesiems dalininkams“.

2.2. Tyrimo duomenų rinkimo metodo – internetinės autoapklausos platformos sukūrimas

Sekantis iššūkis buvo išspręsti klausimyno pateikimo procesus. Nuspręsta sukurti internetinę platformą „Aifoodsystem“, kuri būtų lanksti turinio pateikimo, informacijos rinkimo ir duomenų analizavimo pokyčiams. Internetinės platformos architektūra pavaizduota 6 paveiksle.



6 pav. Internetinės platformos architektūra

Platformai sukurti buvo įsigytas domenas: aifoodsystem.com. Posistemės (angl. „backend“) operacijoms panaudota „fastAPI“ asynchroniškas mikro-servisas bei python programavimo kalba, o vartotojo sąsaja (angl. *frontend*) sukurta su „Javascript“ kalba naudojant React biblioteką.

Sukūrus platformą buvo sukelti klausimai kiekvienam maisto sistemos suinteresuotajam dalininkui, kuris turi savo klausimų kelialapį pasirinkus atitinkamą maisto sistemos dalį. Klausimyną galima rasti apsilankius puslapyje aifoodsystems.com.

2.3. Tyrimo duomenų vertinimas

Tyrimo respondentų tvarumo ir sveikatai palankumo (ekonominė, socialinė, aplinkosaugos, skaitmenizacijos lygis, dirbtinio intelekto naudojimas, duomenų valdymo lygis, realaus laiko duomenų galimybės, sveikatai palankumas, CO₂ mažinimo pastangos, atsinaujinančių energetinių šaltinių puoselėjimas, robotika) charakteristikos įvertinti naudota Likerto nominalioji skalė, kur kiekvienas klausimas yra vertinamas pagal Likerto skalę, balais nuo 0 iki 5, kur 0 – technologija nenaudojama, 1 – technologija naudojama minimaliai, 2 – technologija naudojama ribotai, 3 – technologija naudojama vidutiniškai, technologija naudojama dažnai, technologija naudojama visada (Andrew, 2019). Likerto skalės naudojimas yra smarkiai paplitęs socialiniuose moksluose ir iki šių dienų metodiškai vertinamas tinkamu naudoti.

Visos šie aštuoni kriterijai buvo vertinami kiekvienam maisto sistemos suinteresuotajam dalininkui individualiai, tai reiškia, kad buvo nuodugniai gilinamasi tiek į mažmeninės prekybos procesus ir kaip dirbtinio intelekto technologijos yra taikomos šiai dienai, tiek į augintojo procesus ir kaip dronai su kompiuterine rega yra naudojami auginimo procesuose. Taip siekta atrasti kaip aštuoni kriterijai galėtų tiksliausiai atspindėti kiekvieno ekosistemos dalyvio rezultatus.



7 pav. Poliarino grafiko pavyzdys kuris pateikiamas maisto sistemos suinteresuotajam dalininkui baigus pildyti klausimyną

Maisto sistemos suinteresuotajam dalininkui, sėkmingai užbaigusiam klausimyno pildymo procedūrą suteikiamas grįžtamasis ryšys poliarinio grafiko forma, kuris atvaizduoja dalyvavusiojo apklausoje vidurkį pagal aštuonis kriterijus bei taip pat atvaizduoja tos maisto sistemos dalies visų suinteresuotojų dalininkų vidurkį pagal aštuonis kriterijus. Taip suinteresuotas dalininkas, pvz. įmonė, gali geriau suprasti kaip ji atrodo kitų rinkos dalyvių akivaizdoje. Poliarinio grafiko pavyzdys pateiktas 8 paveiksle.



8 pav. Poliarinio grafiko pavyzdys, kuris pateikiamas valstybės mastu

Kadangi maisto sistemos suinteresuotieji dalininkai vykdė klausimyno užpildymo procedūrą individualiai buvo sukurta bendra skiltis valstybėms, kur pateikiama apibendrinta visų maisto sistemos dalininkų duomenų analizė. Šie duomenys gali padėti Europos bendrijos šalims narėms suprasti Lietuvos maisto sistemos brandą pagal nustatytas dimensijas ir kriterijus.

3.TYRIMO REZULTATAI

Laikantis metodologinių gairių buvo sėkmingai sukurta maisto sistemos inovacijų matavimo platforma, kuri yra pasiekama maisto sistemų suinteresuotiesimes dalininkams, tiek vyriausybinių organizacijų, tiek įmonių atstovams, ūkininkams, mažmeninės prekybos atstovams, distributoriams ir maisto atliekų perdirbėjams internetiniu adresu: www.aifoodsystems.com. Vartotojų sąsaja yra intuityvi, greitai susiejanti klausimą ir Lietuvos maisto sistemos suinteresuotų dalininkų brandumo lygį įvairiais technologiniais, sveikatos ir aplinkos pjaūviais. Puslapis taip pat yra diskruptyvus suprasti kokio tikslo yra siekiama ir ką galima surasti naudojantis internetiniu puslapiu.

Inicijavus platformą, buvo sėkmingai vykdomas maisto sistemos suinteresuotojų dalininkų apklausos procesas, jiems buvo išsiųstos nuorodos į platformos puslapį. Apklausoje dalyvavo 70 suinteresuotojų maisto sistemos dalininkų. Duomenys platformoje yra nuolat atsinaujinantys, todėl rezultatai yra dinamikos būsenoje. Fiksuoto momento apklausos duomenys buvo toliau apdorojami išvalgoms analizuoti kiekvienai maisto sistemos suinteresuotojo dalininko grupei. Žemiau pateikiame esmines išvalgas, susisteminę apklausos duomenis:

- 1) Maisto sistemų pirminės maisto gamybos suinteresuotieji dalininkai: žemės ir maisto ūkio sektorius.** Iš visų aštuonių nagrinėjamų kriterijų, žemės ir maisto ūkio gamybos sektorius stipriai pasižymėjo kaip ženkliai naudojanti atsinaujinčius energijos šaltinius. Žemės ir maisto ūkio atstovai supranta kokį svarbų vaidmenį vaidina atsinaujinantys šaltiniai, tokie kaip saulės energija, siekiant išsaugoti gamtos išteklius, todėl poliariniame grafike atsinaujinantys energijos šaltiniai ir su jomis susijusios technologijos dominavo. Paraleliai šio sektoriaus suinteresuotieji dalininkai taip pat pasižymėjo stipriu siekiu prisidėti mažinant ŠESD, siekiant subalansuoti CO₂ dujas. Duomenys rodo, kad dirbtinio intelekto technologijos buvo menkiausiai išvystytos šiame sektoriuje. Duomenys taip pat rodo silpną robotikos, skaitmenizacijos bei duomenų rinkimo ir valdymo brandos lygį. Bendrai vertinant, Lietuvos žemės ir maisto ūkio suinteresuotieji dalininkai investuoja į aplinkosaugos sritį, tačiau yra ženklų spragų skaitmenizacijos procesuose.
- 2) Maisto sistemų maisto perdirbimo suinteresuotieji dalininkai.** Kaip ir maisto žemės ūkininkai, Lietuvos maisto perdirbėjai skiria didelę dėmesį alternatyviems energijos šaltiniams bei CO₂ mažinimo iniciatyvoms. Šis tvarios gamtos puoselėjimas išliko panašus tarp visų klausimų užpildžiusių įmonių šiame sektoriuje. Vis dėlto, kiti aspektai kaip skaitmenizacija, robotika ar dirbtinis intelektas išliko itin mažas, kas rodo, jog įmonės arba trūksta žinių arba lėšų šios technologijoms įsidięgti.
- 3) Maisto sistemų mažmeninės prekybos suinteresuotieji dalininkai.** Maisto mažmenos sektorius pasižymėjo šiek tiek stipresniu duomenų valdymo ir realus laiko informacijos rinkimo operacijomis nei kiti maisto sistemos suinteresuotieji, tačiau net ir šiuo atveju lygis buvo ganėtinai žemas. Labiausiai dominavo atsinaujinančių energetinių šaltinių dimensija. Dirbtinio intelekto lygis išliko labai žemas.
- 4) Maisto sistemų maisto vartotojai.** Lietuvos vartotojai smarkiausiai pasižymėjo duomenų valdymo dimensijoje. Naudojami išmanūs telefonai leidžia vartotojams naudoti, rinkti, valdyti savo duomenis apie maisto vartojimą įvairiomis maisto tiekimo platformomis. Todėl skaitmenizacija ir duomenys buvo gana stiprios dimensijos. Vis dėlto dirbtinis intelektas buvo žemiausiame taške.

- 5) **Maisto sistemų maisto pertekliaus valdymo (maisto pertekliaus ir atliekų perskirstymo / perdirbimo sektorius) dalininkai.** Stipriausiai atrodanti maisto ekosistemos dalis Lietuvoje pasirodė maisto perdirbėjai ir atliekų tvarkytojai. Kadangi pertekliaus rinkimas, reikalauja tikslaus planavimo realaus laiko duomenų galimybės buvo stipriausiai integruotos iš visų maisto dalininkų. Alternatyvūs energijos šaltiniai taip pat buvo puoselėjami. Deja, dirbtinio intelekto lygis išliko žemas.
- 6) **Maisto sistemų viešo maistavimo suinteresuotieji dalininkai.** Maitinimo paslaugas teikiančios įmonės pasižymėjo, šiek tiek aukštesniu skaitmenizacijos ir duomenų valdymo lygiais, kadangi užsakymai vyksta tiek platformomis arba primami prietaisais, kuriuose duomenys yra skaitmenizuoti. Kiek mažiau dėmesio skirta CO₂ mažinimui bei alternatyvių energijos šaltinių integracijai. Kaip ir kitose sektoriuose dirbtinio intelekto panaudojimas buvo itin menkas.
- 7) **Maisto sistemų maisto paskirstymo suinteresuotieji dalininkai.** Kaip ir dauguma maisto sistemos dalininkų, šis sektorius pasižymėjo alternatyvių energijos šaltinių panaudojimu bei pastangomis mažinti CO₂ išmetamąsias dujas. Taip pat iš poliarinio grafiko matyti, jog duomenų valdymas, skaitmenizacija ir realaus laiko duomenų panaudojimo lygiai buvo vieni stipriausių. Deja, dirbtinis intelektas fiksuojamas kaip mažiausiai naudojamas įrankis.

Bendrai apžvelgus galima konstatuoti, jog atsinaujinantys energijos šaltiniai buvo viena stipriausių kriterijų, kuri beveik visi maisto sistemų suinteresuotieji dalininkai integravo savo procesuose. Tai parodo, kad mūsų įmonėms ir vartotojams yra svarbi Lietuvos aplinkosauga. Tokią situaciją galima sieti su Lietuvos vyriausybės subsidijomis į saulės baterijų ar elektro-automobilių įsigijimą. Vis dėlto, duomenų valdymas, realaus laiko duomenys ir skaitmenizacija išlieka silpniausia vieta visoje maisto sistemoje. Prasčiausiai atrodanti situacija yra su susijusi su dirbtinio intelekto integracija.

4. IŠVADOS IR REKOMENDACIJOS

- 1) Tyrimo metu sukurta dirbtinio intelekto technologijų poveikio tvariai, sveikai ir išmaniai maisto sistemai vertinimo metodika, apimanti apklausos įrankio, internetinės platformos (Aifood system.com) sukūrimą ir klausimą, įgalinantį išmatuoti Lietuvos maisto sistemos suinteresuotųjų dalininkų brandos lygį aštuonių kriterijų imtyje.
- 2) Sukurtoji internetinė platforma Aifoodsystem.com yra paslanki ir gali būti toliau plėtojama. Joje gali būti pritaikoma kiti matematiniai ar simuliaciniai metodai vertinti maisto sistemos įvairias kitas dimensijas ir kriterijus, o surinkti duomenys gali būti kaip įvestiniai naujų, indikatorinių kriterijų vertėms skaičiuoti.
- 3) Aifoodsystem.com platformos kūrimas suteikia nacionalinei maisto sistemai „išmanumo“ aspektą. Jos turinio ir lankstumo tolimesnis plėtojimas pasitarnautų nacionalinės maisto sistemos suinteresuotųjų dalininkų testinio tvarumo, sveikatai palankumo, skaitmenizacijos bandos lygmens matavimui, gautų duomenų sistemiškumui. Visa tai įgalintų nacionalinius politinio lygmens suinteresuotuosius dalininkus sėkmingai valdyti maisto sistemos transformacijos procesus.
- 4) Surinkti dirbtinio intelekto technologijų poveikio tvariai, sveikai ir išmaniai maisto sistemai vertinimo duomenys įrodo, kad Lietuvos maisto sistemų suinteresuotieji dalininkai investuoja į inovatyvias atsinaujinančių energijos šaltinių technologijas, kas įrodo, kad spratėja pokyčiai susiję su aplinkosaugos dimensija. Tačiau duomenų valdymas ir dirbtinio intelekto technologijų integracija Lietuvos mastu išlieka itin žemame brandos lygmenyje.

5.LITERATŪROS ŠARAŠAS

- Adams, S. H., Anthony, J. C., Carvajal, R., Chae, L., Khoo, C. S. H., Latulippe, M. E., ... and Yan, W. (2020). Perspective: Guiding principles for the implementation of personalized nutrition approaches that benefit health and function. *Advances in nutrition (Bethesda, Md)*, 11, 25–34.
- Alexander, P., Brown, C., Arneth, A., Finnigan, J., Moran, D., Rounsevell, M. D. A. (2017). Losses, inefficiencies and waste in the global food system. *Agricultural Systems*, 153, 190–200.
- Ben Ayed, R., Hanana, M. (2021). Artificial intelligence to improve the food and agriculture sector. *Journal of Food Quality*. Article e55847541.
- Berkum, S.V., Dengerink, J., Ruben, R. (2018). *The food systems approach: Sustainable solutions for a sufficient supply of healthy food*. The Hague: Wageningen Economic Research.
- Bartodziej, C. J. (2017). Introduction. In C. J. Bartodziej (Ed.), *The concept industry 4.0: An empirical analysis of technologies and applications in production logistics* (pp. 1–6). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Basiago, A.D. Economic, social, and environmental sustainability in development theory and urban planning practice. *The Environmentalist* 19, 145–161 (1998). <https://doi.org/10.1023/A:1006697118620>
- Belaud, J. P., Prioux, N., Vialle, C., Sablayrolles, C. (2019). Big data for agri-food 4.0: Application to sustainability management for by-products supply chain. *Computers in Industry*, 111, 41–50.
- Botta, A., Cavallone, P., Baglieri, L., Colucci, G., Tagliavini, L., Quaglia, G. (2022). A review of robots, perception, and tasks in precision agriculture. *Applied Mechanics*, 3(3), 830–854.
- Bouzembrak, Y., Marvin, H. J. P. (2019). Impact of drivers of change, including climatic factors, on the occurrence of chemical food safety hazards in fruits and vegetables: A bayesian network approach. *Food Control*, 97, 67–76.
- Bouzembrak, Y., Klüche, M., Gavai, A., Marvin, H. J. P. (2019). Internet of Things in food safety: Literature review and a bibliometric analysis. *Trends in Food Science & Technology*, 94, 54–64.
- Braun, A.-T., Colangelo, E., Steckel, T. (2018). Farming in the era of industrie 4.0. *Procedia CIRP*, 72, 979–984.
- Burman, V., Vashishtha, R. K., Kumar, R., Ramanan, S. (2021). *Deep reinforcement learning for dynamic pricing of perishable products*. Cham: Springer International Publishing.
- Chen, W., Liu, H., Xu, D. (2018). Dynamic pricing strategies for perishable product in a competitive multi-agent retailers market. *The Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 21, 12.
- Colizzi, L., Caivano, D., Ardito, C., Desolda, G., Castrignan`o, A., Matera, M., et al. (2020). Chapter 1: Introduction to agricultural IoT. *Agricultural internet of things and decision support for precision smart farming; castrignan`o*. Cambridge, MA, USA: Academic Press.
- Endres, C. M., Pelisser, C., Finco, D. A., Silveira, M. S., & Piana, V. J. (2022). IoT and Raspberry Pi application in the food industry: A systematic review. *Research, Society and Development*, 11(1).
- Europos Komisija. (2019). Europos žaliasis kursas. Komisijos komunikatas Europos Parlamentui, Tarybai, Europos ekonomikos ir socialinių reikalų komitetui ir region Komitetui. COM (2019) 640 final. Briuselis.
- Europos Komisija. (2020). Sąžininga, sveika ir aplinkai palanki maisto sistema pagal strategija „Nuo ūkio iki stalo“. Komisijos komunikatas Europos Parlamentui, Tarybai, Europos ekonomikos ir socialinių reikalų komitetui ir region Komitetui. COM (2020) 381 final. Briuselis.
- Europos Komisija. (2021). The European digital strategy. <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/content/european-digital-strategy>.
- van Evert, F. K., Fountas, S., Jakovetic, D., Crnojevic, V., Travlos, I., Kempenaar, C. (2017). Big Data for weed control and crop protection. *Weed Research*, 57, 218–233.
- FAO. (2019). The state of food and agriculture. Moving forward on food loss and waste reduction. <http://www.fao.org/3/CA6030EN/ca6030en.pdf>.
- FISpace. (2021). FISpace a business-to-business (B2B) collaboration platform. <https://www.fispace.eu/>.
- Franco, R. Z., Fallaize, R., Lovegrove, J. A., Hwang, F. (2016). Popular nutrition-related mobile apps: A feature assessment. *JMIR Mhealth Uhealth*, 4, e85.

FUSIONS. (2016). Food waste quantification manual to monitor food waste amounts and progression. Deliverable Number: D1.7 <https://www.eu-fusions.org/phocadownload/Publications/FUSIONS%20Food%20Waste%20Quantification%20Manual.pdf>.

Ghoreishi, M., Happonen, A. (2020). New promises AI brings into circular economy accelerated product design: A review on supporting literature. In *E3S web conf.* (Vol. 158), Article 06002.

GO-Science. (2011). *Foresight. The future of food and farming. Final project report.* London: The Government Office for Science. Published in 2011. pp. 211. http://www.bis.gov.uk/assets/bispartners/foresight/docs/food-and-farming/11-54_6-future-of-food-and-farming-report.pdf. *Animal Genetic Resources/Ressources*, 48, 127-127.

Hassoun, A., Boukid, F., Pasqualone, A., Bryant, C. J., García, G. G., Parra-L'opez, C., and Barba, F. J. (2022). Emerging trends in the agri-food sector: Digitalisation and shift to plant-based diets. *Current Research in Food Science*, 5, 2261–2269.

Insights, F.B. (2021). Internet of Things (IoT) Market Size, Share & COVID-19 Impact Analysis, By Component (Platform, Solution & Services), By End-Use Industry (BFSI, Retail, Government, Healthcare, Manufacturing, Agriculture, Sustainable Energy, Transportation, IT & Telecom, Others), and Regional Forecast, 2021–2028.

IoF2020. (2021). IoF2020 EU project. <https://www.iof2020.eu/communication-materials/iof2020-booklet-2019-highres.pdf>

Jin, C., Bouzembrak, Y., Zhou, J., Liang, Q., van den Bulk, L. M., Gavai, A., and Marvin, H. J. P. (2020). Big Data in food safety- A review. *Current Opinion in Food Science*, 36, 24–32.

Karmakar, A., Sengupta, N., & Banerjee, P. S. (2022). I-fresh: An IoT-based system for predicting the freshness of vegetables and flower. *Lecture Notes in Electronic Engeneering*, 815, 579–587.

Karner E. (2017). The future of agriculture is digital: showcasing e-Estonia. *Frontiers in Veterinary Science*, 4:151.

Konfo, T. R. C., Djouhou, F. M. C., Hounhouigan, M. H., Dahouenon-Ahoussi, E., Avlessi, F., Sohounhloue, C. K. S. (2023). Recent advances in the use of digital technologies in agri-food processing: A short review. *Applied Food Research*, 3, 100329.

Lezoche, M., Hernandez, J. E., Alemany Diaz, M.d. M. E., Panetto, H., Kacprzyk, J. (2020). Agri-food 4.0: A survey of the supply chains and technologies for the future agriculture. *Computers in Industry*, 117, 103187.

Maraveas, C., Bartzanas, T. (2021). Application of Internet of Things (IoT) for optimized greenhouse environments. *AgriEngineering*, 3(4), 954–970.

Martin, K. (2019). Ethical implications and accountability of algorithms. *Journal of Business Ethics*, 160, 835–850.

Marvin, H. J. P., Bouzembrak, Y., van Asselt, E., Meijer, N., Kleter, G., Lorentzen, G., Johansen, L.-H. (2019). Applicability of a food chain analysis on aquaculture of Atlantic salmon to identify and monitor vulnerabilities and drivers of change for the identification of emerging risks. *EFSA Supporting Publications*, 16, 1619E.

Marvin, H. J. P., Bouzembrak, Y., van der Fels-Klerx, H.J., Kempenaar, C., Veerkamp, R., Aneesh Chauhan, A., ... and Tekinerdogan, B. (2022). Digitalisation and Artificial Intelligence for sustainable food systems. *Trends in Food Science & Technology*, 120, 344–348.

Marvin, H. J. P., Bouzembrak, Y. (2020). A system approach towards prediction of food safety hazards: Impact of climate and agrichemical use on the occurrence of food safety hazards. *Agricultural Systems*, 178, 102760.

Marvin, H., Bouzembrak, Y., Janssen, E. M., van der Fels- Klerx, H. J., van Asselt, E. D., Kleter, G. A. (2016). A holistic approach to food safety risks: Food fraud as an example. *Food Research International*, 89, 463–470.

Moysiadis, T., Adamides, G., Stylianou, A., Zotos, N., Giannakopoulou, M., & Alexiou, G. (2021). Use of IoT technologies for irrigation and plant protection: The case for Cypriot fruits and vegetables. *Bio-Economy and Agri-Production: Concepts and Evidence*, 175–194.

Papadopoulos, T., Gunasekaran, A., Dubey, R., Altay, N., Childe, S. J., Fosso-Wamba, S. (2017). The role of Big Data in explaining disaster resilience in supply chains for sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 142, 1108–1118. Poppe, K., & Vrolijk, H. (2018).

Poppe, K., Vrolijk, H. (2018). Microdata: A critical source for policy evaluation. *EuroChoices*, 17, 28–35.

Raworth, K. (2017). *Doughnut economics: Seven ways to think like a 21st century economist*.

Raheem D. Digitalisation in a local food system: Emphasis on Finnish Lapland. *Open Agriculture*. 2020; 5: 496–508. <https://doi.org/10.1515/opag-2020-0049>

Raheem D, Shishaev M, Dikovitsky V. Food system digitalization as a means to promote food and nutrition security in the Barents region. *Agriculture*. 2019; 9(8):168. <https://doi:10.3390/agriculture9080168>.

Seele, P., Dierksmeier, C., Hofstetter, R., Schultz, M. D. (2021). Mapping the ethicality of algorithmic pricing: A review of dynamic and personalized pricing. *Journal of Business Ethics*, 170, 697–719.

Top, J., Wigham, M. (2016). The role of e-science in agriculture. In *Agricultural knowledge and innovation systems towards the future- a Foresight paper* (Vol. 5, pp. 45–75).

Viviano, F., Locatelli, L. (2017). *This tiny country feeds the world*. National Geographic magazine. September 2017. <https://www.nationalgeographic.com/magazine/article/holland-agriculture-sustainable-farming>.

Vrolijk, H. C. J., Poppe, K. J., Keszthelyi, S. (2016). Collecting sustainability data in different organisational settings of the European Farm Accountancy Data Network. *Studies in Agricultural Economics*, 118, 138–144.

Wilkinson, M. D., Dumontier, M., Aalbersberg, I. J., Appleton, G., Axton, M., Baak, A., ... and Mons, B. (2016). The FAIR Guiding Principles for scientific data management and stewardship. *Scientific Data*, 3, 160018.

Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C., Bogaardt, M.-J. (2017). Big data in smart farming – a review. *Agricultural Systems*, 153, 69–80.

WUR. (2021a). Digital twins, Wageningen University and research digital twin projects. <https://www.wur.nl/en/Research-Results/Research-programmes/Research-investment-programmes/Digital-Twins.htm>.

WUR. (2021b). WUR is working on Digital Twins for tomatoes, food and farming, 2021 <https://www.wur.nl/en/newsarticle/WUR-is-working-on-Digital-Twins-for-tomatoes-food-and-farming.htm>.

Zuo, L., Wu, B., You, L., Huang, W., Meng, R., Dong, Y., ... and Wang, Y. (2021). Big Earth Data Supports Sustainable Food Production: Practices and Prospects. *Bulletin of Chinese Academy of Sciences*, 36(8), 885-895.

Jebb, A. T., Ng, V., Tay, L. (2019). A Review of Key Likert Scale Development Advances: 1995–2019, *Frontiers in Psychology*, (12).

Jebb Andrew T., Ng Vincent, Tay Louis (2019). A Review of Key Likert Scale Development Advances: 1995–2019, *Frontiers in Psychology*, . (12). DOI=10.3389/fpsyg.2021.637547

Nature food. (2023). Pasiokiama internetu: <https://www.nature.com/natfood/>

Science of Food and Agriculture. (2023). Pasiokiama internetu: <https://onlinelibrary.wiley.com/journal/10970010>

Foundations and Trends in Machine Learning. (2023) Pasiokiama internetu: <https://www.nowpublishers.com/MAL>

Science and robotics. (2023). Pasiokiama internetu: <https://www.science.org/journal/scirobotics>

European Commission. (2023). Agricultural policy perspective. Pasiokiame internetu: https://agriculture.ec.europa.eu/cap-my-country/performance-agricultural-policy/studies-and-reports/policy-analyses-and-briefs/agricultural-policy-perspectives_en

OECD (2023). Policies for the Future of Farming and Food in the European Union. Pasičkame internetu: <https://www.oecd.org/publications/policies-for-the-future-of-farming-and-food-in-the-european-union-32810cf6-en.htm>

Future farming. (2023). The future of AI in the EU: possibilities and challenges. Pasičkama internetu: <https://www.futurefarming.com/smart-farming/tools-data/the-future-of-ai-in-the-eu-possibilities-and-challenges/>

European commission. (2023). Artificial intelligence in the agri-food sector. Pasičkama internetu: [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2023/734711/EPRS_STU\(2023\)734711_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2023/734711/EPRS_STU(2023)734711_EN.pdf)

Fang, B., Yu, J., Chen, Z. et al. Artificial intelligence for waste management in smart cities: a review. Environ Chem Lett 21, 1959–1989 (2023). <https://doi.org/10.1007/s10311-023-01604-3>

The food institute. (2023). The future of AI and the food industry. Prieiga internetu: <https://foodinstitute.com/focus/the-future-of-ai-and-the-food-industry/>

6.PRIEDAI

6.1. Metodika

6.2. Klausimynas maisto sistemos suinteresuotiesimes dalininkams

6.3. Pranešimai ir darbo grupės moderavimas SCAR WG FOOD system_protokolas

SUDERINTA:

(Tyrimų priežiūros komisijos pirmininkas)

(Vardas, Pavardė)

(Data)