

**Inovatīvi risinājumi lauksaimniecības un
mežsaimniecības produktu pārvadājumu
plānošanā un organizēšanā**
projekta Nr. 18-00-A01611-000010

PROJEKTA NOSLĒGUMA ATSKAITE

Latvijas Lauku attīstības programmas 2014. - 2020.gadam
pasākums 16. "Sadarbība"
16.12 apakšpasākums "Atbalsts EIP
lauksaimniecības ražīguma un ilgtspējas darba grupu projekta
īstenošanai"

Rīga, 2024

NACIONĀLAIS
ATTĪSTĪBAS
PLĀNS 2020



EIROPAS SAVIENĪBA
EIROPA INVESTĒ LAUKU APVIDOS!
Eiropas Lauksaimniecības fonds
lauku attīstībai

Atbalsta Zemkopības ministrija un Lauku atbalsta dienests

SATURA RADĪTĀJS

1. PROJEKTA APRAKSTS UN MĒRĶIS	5
1.1. Projekta mērķis un uzdevumi.....	5
1.2. Īss projekta apraksts un sasniedzamie rezultāti.....	6
1.3. Projekta sadarbības partneri un to kontaktinformācija.....	7
1.4. Projekta īstenošanas periods	8
1.5. Projekta kopējās izmaksas.....	8
2. ESOŠĀS SITUĀCIJAS APSKATS	9
2.1. Esošās situācijas raksturojums	9
2.1.1. Nozares ekspertu novērtējums	9
2.1.2. Problēmas aktualitāte zinātniskā literatūrā	11
2.2. Pieeju apskats pārvadājumu modelēšanā un organizēšana	12
2.2.1. Mežsaimniecības produktu pārvadājumos.....	12
2.2.2. Lauksaimniecības produktu pārvadājumos.....	12
2.2.3. Pārvadājumiem starp nozarēm.....	13
2.3. Pārvadājumu modelēšanas un organizēšanas aspektu analīze	14
2.4. Nodaļas secinājumi	15
3. PIEDĀVĀTĀ PIEEJA.....	16
3.1. Pētījumā izvirzītas hipotēzes.....	16
3.2. Piedāvātas pieejas pamatojums	16
3.3. Piedāvāta metodoloģija datu analīzei un modelēšanai.....	19
3.4. Transporta uzņēmumu datu vākšanas un uzkrāšanas motivācija.....	21
3.5. Modelēšanas scenāriju izstrāde	21
4. TRANSPORTA UZŅĒMUMU DATU VĀKŠANA UN ANALĪZE.....	23
4.1. Pārvadājumu pārvaldības un organizēšanas sistēma “Graudvedis”	23
4.1.1. Sistēmas apraksts	23
4.1.2. Piekļuve un tehniskas prasības	26
4.2. Vēsturisko datu analīze	27
4.3. Datu padziļinātas analīzes iespējas	27
4.4. Transporta uzņēmumu datu vākšana.....	29
4.4.1. Mežsaimniecības produktu pārvadājumu datu struktūra	29
4.4.2. Lauksaimniecības produktu pārvadājumu datu struktūra	31
4.5. Pārvadājumu uzņēmumu datu analīze.....	33
4.5.1. Situācija mežsaimniecības nozarē	33

4.5.2. Situācija lauksaimniecības nozarē	36
4.6. Iegūtie likumsakarību modeļi.....	39
4.6.1. Mežsaimniecības un lauksaimniecības produktu pārvadājumos	39
4.6.2. Pārvadājumiem ar puspiekabi atbilstošai smagsvara pārvadājumiem	40
4.7. Pārvadājumu datu varbūtiskais raksturs.....	43
4.8. Modeļa ieejas datu saskaņošana.....	46
4.8.1. Datu audzēšana trūkstošiem datiem.....	47
5. MODELĒŠANA UN REZULTĀTU ANALĪZE	48
5.1. Prototipa konceptuāla modeļa izstrāde	48
5.2. Transporta uzņēmuma modeļa teorētiskais pamatojums	48
5.2.1. Modelēšanas metožu pamatojums	49
5.2.2. Modelējamie faktori.....	50
5.3. Imitācijas modeļa prototipa struktūra.....	50
5.3.1. Sistēmu dinamikas modeļa izstrāde.....	50
5.3.2. Modeļa papildinājums varbūtiskiem procesiem	54
5.4. Imitācijas modeļa prototipa izstrāde	55
5.4.1. Interaktīva modeļa teorētiskais pamatojums	55
5.4.2. Interaktīva modeļa realizācija.....	58
5.5. Modelēšanas rezultāti.....	60
5.5.1. Transporta uzņēmuma modelis ar sezonalitātes faktoriem.....	60
5.5.2. Transporta modelis ar sezonalitāti dažādos scenārijos	62
5.5.3. Modelis ar sezonalitāti uzņēmumam ar vienmērīgāko slodzi.....	64
5.5.4. Vairāku gadu datu analīze	65
5.5.5. Modeļa parametru jutīguma analīze	66
5.6. Ekonomiski pamatots sadarbības modelis smagsvara pārvadājumu puspiekabes lietotājiem	68
5.6.1. Modeļa apraksts	68
5.6.2. Modeļa eksperimentāli rezultāti	69
5.7. Piekabes pārvadājumu praktiskas izmantošanas rezultāti un rekomendācijas pielietošanai	70
6. SABIEDRĪBAS INFORMĒŠANAS UN PUBLICITĀTES PASĀKUMI	72
7. REZULTĀTI UN SECINĀJUMI.....	74
7.1. Projekta rezultāti	74

7.2. Projekta secinājumi	75
7.3. Piedāvātas rekomendācijas.....	77
8. LITERATŪRAS AVOTI.....	80

1. PROJEKTA APRAKSTS UN MĒRĶIS

1.1. Projekta mērķis un uzdevumi

Mērķis: Izstrādāt ekonomiski lietderīgu un efektīvu loģistikas modelēšanas sistēmu lauksaimniecības un mežsaimniecības nozarei smago kravu pārvadāšanai, maksimāli efektīvi izmantojot uzņēmumos esošās tehnikas vienības un piesaistītos cilvēkresursus.

Uzdevumi lauksaimniecības un pārstrādes uzņēmumu nozarē:

1. Nodrošināt graudaugu ražas uzskaiti saimniecībā, pārstrādes/iepirkšanas vietā;
2. Nodrošināt piegādi pārstrādes/iepirkuma vietās, ievērojot pasūtītāja, piegādātāja un pārvadātāja intereses (apjoms, laiks, vieta);
3. Nodrošināt graudu uzskaiti/atskaiti visās graudu kustības pozīcijās (uz lauka, kombainā, kaltē, iepirkšanas vietā);
4. Minimizēt "cilvēciskā faktora" ietekmi visās uzskaites/atskaites pozīcijās;
5. Automatizēt norēķinu dokumentācijas sagatavošanu;
6. Izveidot graudu vedēju atrašanās vietas un plānoto reisu datubāzes prototipu, kurā centralizētais dispečers vai katra uzņēmuma dispečers, atrodot izdevīgāko un ātrāko transportēšanas resursu, redz katra no iesaistītajiem sistēmā dalībniekiem izmantoto un pieejamo autotransportu, tādējādi maksimāli samazinot graudu pārvadāšanas autotransporta dīkstāvi sezonas laikā.

Uzdevumi mežizstrādes nozarē:

1. Nodrošināt uzņēmuma saražotās un potenciāli iepērkamās apaļkoksnes uzskaiti pārstrādes/iepirkšanas vietā;
2. Nodrošināt kokmateriālu piegādi pārstrādes/iepirkuma vietās, ievērojot pasūtītāja, piegādātāja un pārvadātāja intereses (apjoms, laiks, vieta);
3. Nodrošināt kokmateriālu uzskaiti/atskaiti visās koksnes kustības pozīcijās;
4. Minimizēt "cilvēciskā faktora" ietekmi visās uzskaites/atskaites pozīcijās;
5. Automatizēt norēķinu dokumentācijas sagatavošanu;
6. Izveidot koksnes vedēju atrašanās vietas un plānoto reisu datubāzes prototipu, kurā centralizētais dispečers vai katra uzņēmuma dispečers, atrodot izdevīgāko un ātrāko transportēšanas resursu, redz katra no iesaistītajiem sistēmā dalībniekiem izmantoto autotransportu un redz braukšanas maršrūtus ar daļēji piekrautu kravu vai tukšu autotransportu atpakaļceļā. Tādējādi ir iespēja vienmēr koksnes vedējiem nodrošināt pilnu kravu visā braukšanas maršrutā.

1.2. Īss projekta apraksts un sasniedzamie rezultāti

Līdz šim dažādi lauksaimniecības un mežizstrādes nozares pārstāvji ir veidojušas savas informācijas sistēmas, kas palīdzētu veiksmīgāk attīstīt un optimizēt lauku saimniecībām, mežu īpašniekiem, koksnes un produktu pārvadātājiem, kā arī pārstrādes uzņēmumiem savu darbību. Ņemot vērā iepriekšminēto ir liela nepieciešamība analizēt un izveidot nozarēm kopīgu darba rīku, kas jūtami ietekmētu nozares uzņēmumu konkurētspēju, palielinātu lauksaimniecības produktu un koksnes eksporta apjomus, aizpildītu darba tirgus robus nozarē un uzlabotu ekoloģisko situāciju.

Pamatojoties uz projektā veikto analīzi un modelēšanu nākotnē varētu izveidot vienotu portālu -transporta, mehanizētās tehnikas un darbaspēka resursu pieejamības uzskaitē. Pamatproblēma lauksaimniecības, ražošanas, pārstrādes un mežizstrādes dalībniekiem ir sezonālais darba raksturs, darbu veikšanas periodos nepieciešamie lieli specifiskas un dārgas tehnikas resursi un pastāvīgais kvalificēta darbaspēka trūkums. Savukārt, laikā, kad nav darbu veikšanas sezona, pretējs efekts – tehnikas dīkstāve un darba algu nodrošināšana kvalificētam darbaspēkam to neizmantojot, lai noturētu tos darba vietās. Lai maksimāli samazinātu šo faktoru ietekmi vajadzētu izveidot kopēju portālu, kura darbotos kā nozares kopējais resurss. Lai izveidotu tādu portālu un tas strādātu visefektīvāk, sākotnēji ir nepieciešams ieguldīt lielu pētniecības darbu.

Projekta rezultāti:

1. Analizēt vismaz 7 uzņēmumu transporta un kravu pārvadājumu noslodzi un specifiku vismaz četrus pilnus gadus, lai iegūtu datus par noslodzi dažādās sezonās, darba intensitātēs un, iespēju robežās, klimata ietekmēs.
2. Uzkrāt, analizēt un modelēt datus par transporta vienību specifiskāciju un noslodzi atsevišķos lauksaimniecības uzņēmumos - vismaz pieciem uzņēmumiem.
3. Uzkrāt, analizēt un modelēt datus par transporta vienību specifiskāciju un noslodzi atsevišķos mežizstrādes uzņēmumos - vismaz četriem uzņēmumiem.
4. Uzkrāt, analizēt un modelēt datus par transporta vienību specifiskāciju un noslodzi atsevišķos transporta pārvadājumu uzņēmumos - vismaz diviem uzņēmumiem.
5. Uzkrāt, analizēt un modelēt datus par transporta vienību specifiskāciju un noslodzi uzņēmumos kuri darbojas vienlaicīgi lauksaimniecības un mežizstrādes nozarē - vismaz trīs uzņēmumiem.
6. Modelēšanas koncepta radīšana.
7. Vienkāršotā modelēšanas koncepta izstrāde.

8. Loģistikas modelēšanas un vadības sistēmas prototipa izstrāde.

1.3. Projekta sadarbības partneri un to kontaktinformācija

1.3.1. Biedrība “Latvijas Loģistikas asociācija”

Normunds Krūmiņš, asociācijas valdes priekšsēdētājs

Kontaktinformācija: n.krumins@gmail.com

1.3.2. Rīgas Tehniskā universitāte

Dr.sc.ing. Vitālijs Boļšakovs, Informācijas tehnoloģijas institūta vadošais pētnieks, docents

Kontaktinformācija: vitalijs.bolsakovs@rtu.lv

1.3.3. Biedrība “Latvijas Lauksaimniecības kooperatīvu asociācija”

Rolands Feldmanis, ģenerāldirektors

Kontaktinformācija: rolands.feldmanis@llka.lv

1.3.4. SIA “Self Loģistika”

Guntars Reinfelds, valdes loceklis

Kontaktinformācija: guntars.reinfelds@selflogistic.lv

1.3.5. SIA “PAN-TRANS”

Mareks Kaļickis, valdes priekšsēdētājs

Kontaktinformācija: pan-trans@inbox.lv

1.3.6. SIA “Ranpo”

Renārs Katkovskis, valdes loceklis

Kontaktinformācija: renarskatkovskis@gmail.com

1.3.7. Jelgavas rajona Vilces pagasta zemnieku saimniecība “Kukuri”

Andra Grava, īpašniece

Kontaktinformācija: andra.grava@inbox.lv

1.3.8. SIA “Elagrotrade”

Eduards Dombrovskis, valdes loceklis

Kontaktinformācija: eduards.dombrovskis@gmail.com

1.3.9. SIA “Unicentrs”

Ieva Kaļķe, valdes locekle

Kontaktinformācija: ieva@unicentrs.lv

1.3.10. Bērzpils pagasta zemnieku saimniecība “Volāni”, bij. “Liepas”

1.4. Projekta īstenošanas periods

Projekts tika īstenots laika posmā no 2019. gada jūlija līdz 2024. gada jūnijam.

1.5. Projekta kopējās izmaksas

Projekta attiecināmās izmaksas – EUR 445 609.

2. ESOŠĀS SITUĀCIJAS APSKATS

Vadoties no projekta izvirzītā mērķa un definētiem uzdevumiem pētījumā ir definēts sekojošs pētījuma objekts: pārvadājumu organizēšanas metodes, risinājumi un labas prakses. Pētījumā ir definēti sekojošie pētījuma priekšmeti:

- Mežsaimniecības produktu pārvadājumi
- Lauksaimniecības produktu pārvadājumi
- Starpnozaru produktu pārvadājumu veikšana

Nodaļā ir apskatīti esošo pārvadājumu organizēšanas trūkumi ka arī risinājumi šo trūkumu novēršanai un pārvadājumu uzlabošanai.

2.1. Esošās situācijas raksturojums

2.1.1. Nozares ekspertu novērtējums

Projekta izpildes laikā ir veikti vairāki pasākumi esošās situācijas izpētei pamatojoties uz nozares ekspertu novērtējumiem. Ir veiktas intervijas ar nozares un uzņēmēju pārstāvjiem ka arī sanāksmes ar projekta rezultātu mērķa grupas potenciāliem lietotājiem. Veikto aptauju, interviju un pasākumu plašākais saraksts ir piedāvāts 6. nodaļā.

Baltoties uz intervijām ir apkopoti sekojoši secinājumi par pārvadājumu organizēšanu lauksaimniecībā un mežsaimniecības nozarēs:

- Lauksaimniecības nozares uzņēmumu kooperatīvās sabiedrības izmanto nolīgtu transportu, nevis savu transporta bāzi graudu pārvadāšanai.
- Sadarbība starp lauksaimniecības un mežsaimniecības nozarēm pārvadājumu organizēšanā faktiski nenotiek. Varbūtēji iemesli pēc ekspertu viedokļa ir vienotas sistēmas trūkums un informētības nepieciešamība.
- Zemnieku saimniecībās parasti ir 1-3 transportlīdzekļi pārvadājumu nodrošināšanai. Pēc aktīvās lauksaimniecības sezonas transporta līdzekļi atrodas dīkstāvē un darbaspēks iespēju robežās tiek piesaistīts citiem darbiem (piem., tehnikas apkopes darbiem).
- Lauksaimnieki bieži faktiski nerēķina peļņu pārvadājumu nodrošināšanās jautājumā, bet pakļauj transporta vienību iegādi intuitīvi graudu biznesam, lai garantēti varētu nodrošināt saimniecības ražas izvēšanu un realizāciju.
- Finanšu ieguvums pārvadātājiem nozarē tiek gūts, galvenokārt, ar tā saucamas "spot" cenas palīdzību. Cena savukārt, ir atkarīga no tirgus faktiska pieprasījuma un

piedāvājuma.

- Specializētie transportlīdzekļi tiek iegādāti lauksaimniecības uzņēmumos, lai iegūtu pārvadājumu neatkarību. Specializēti transportlīdzekļi tiek noslogoti arī ārpus ražas sezona (piemēram, ziemā) – tirgojot graudus ārpus sezona.
- Pašlaik lauksaimniecības uzņēmēji transportu iegādājās vadoties ar mērķi nodrošināt sevi ar pārvadājumiem. Pie augstas produkta cenas ir ļoti augsts arī pieprasījums pārdot produkciju, kas noved pie situācijas, ka transports trūkst. Tomēr tas var iedragāt ziemas sezonas plānošanu meža produktu transportam, nozarēm sadarbojoties.
- Optimizācijas uzdevumus vieglāk ir gatavot vienam lielam autotransporta piegādātājam, kur ir iespējams aizvietot vienu transporta līdzekli ar citu nekā. maziem atsevišķiem uzņēmējiem ar mazo autoparku.
- Nozarē trūkst vienotas politikas transportēšana kravu pārvadāšanas jomā starp dzelzceļu, autotransportu un piekļuvi ostām (ostas piegādes nosacījumi hipotētiski varētu būt ekonomiski interesantāks arī ražotājam un piegādes veicējam).
- Pēc nozares ekspertu novērtējuma Latvijas tirgu ir potenciāli ap ~1050 vilcēji pārvadājumu nodrošināšanai lauksaimniecības nozare, bet no tiem reāli tirgū pieejami ir ap ~1000 transportlīdzekļi. Tas potenciāli ļautu ziemas sezonā no graudu nozares pārcelt aptuveni 300–500 kravas transportlīdzekļu uz mežsaimniecības produktu pārvadājumiem. Kopumā atbilstoši apskatītām nozarēm nepieciešamais transporta līdzekļu skaits varētu būt: lauksaimniecības produktu pārvadājumiem ap 250–300 vilcējiem, bet mežsaimniecības produktu pārvadājumu nozarei papildus vajadzētu 300 – 400 vilcējus.
- Pēc ekspertu novērtējuma, lauksaimniecības produktu pārvadājumu autoparka turētāji graudu nozarē Latvijā ir sadrumstaloti: aptuveni viena trešdaļa ir ļoti nelielas zemniecības saimniecības, divas piektdaļas vidēji lieli pārvadātāji (no 10 līdz 15 transporta vienībām) un atlikušo pieprasījuma daļu nodrošina pārvadātāji ar vēl lielāko autoparku.
- Ātrāka izmantotā kapitāla (autotransporta veidā) aprīte varētu nodrošināt pakāpeniski parēju uz apkārtējo vidi saudzējošu transportu. Diskusija ar nozares pārstāvjiem ir izskatāmas prognozes, ka parēja uz elektrotransportu varētu noritēt ne ātrāk kā pēc 5 (līdz 10) gadiem. Līdz ar to ir aktuāla sadarbība starp nozarēm jau pašlaik, lai samazinātu dīzeļa izmantošanu (degvielas ekonomija no jaunāka transporta veida un

piekabes, kas samazina vidēju patēriņu uz pārvadāto tonnu). Vēl nepieciešami precīzāki aprēķini, lai tie vecinātu iesaistītu pušu vēl aktīvāku darbību projektā (motivēšana ar ekonomiskiem faktoriem).

Kopumā no veiktas analīzes var secināt ka gan mežsaimniecības gan lauksaimniecības produktu pārvadājumu nozares ir potenciālais resursu trūkums. Lauksaimniecības produktu pārvadājumiem piemīt sezonālais raksturs un atbilstošu uzņēmumu resursi netiek efektīvi pielietoti. Savukārt, starpnozaru sadarbības nodrošināšanai trūkst informētība, uzskatāms ekonomiskais pamatojums un uzskatāms pamatojums.

2.1.2. Problēmas aktualitāte zinātniskā literatūrā

Veicot analīzi transporta pakalpojumu piedāvājumā un pārvadājumu organizēšanā Latvijā ir konstatēts, ka pašreizējā pārvadājumu organizēšana mežsaimniecības un lauksaimniecības nozarē var būt uzlabota un pilnveidota. Ņemot vērā mežsaimniecības un lauksaimniecības produktu pārvadājumu sezonālās specifiku ir iespējams uzlabot pārvadājumu organizēšanu, veicot labāku darbaspēka un tehnisko resursu izmantošanu starp nozares uzņēmumiem.

Pamatojoties uz izpēti ir secināts, ka, ieviešot tādu jauno procesu organizēšanu un plānošanu pārvadājumu uzņēmumos, to būtu tehniski-ekonomiski jāpamato. Viens no veidiem kā to pamatot būtu veikt jauno un esošo procesu padziļināto izpēti savācot un vispusīgi analizējot datus, ka arī modelējot jaunas situācijas un scenārijus.

Apskatot mūsdienu starptautisko pieredzi, ir noteikts, ka zinātnieki visjaunākos pētījumos piedāvā analītiskus un algoritmiskus modeļus mežsaimniecības loģistikas modelēšanai un uzlabošanai [1, 2, 3, 4]. Rakstos piedāvātie matemātiskie modeļi pārvadājumu organizēšanai mežsaimniecības nozarē pārsvarā neizskata darbu sezonālās raksturu, un netiek apskatītas iespējas kā labāk plānot pārvadājumu uzņēmumu resursus. Ir secināts, ka projekta ietvaros ir nepieciešams jauns pētījums un jauna metodoloģija šajā jomā, kas ļaus maksimāli dziļi pamatot izvirzītos jaunus starpuzņēmumu biznesa procesus.

Ir definēts, ka, veidojot jaunus procesus projekta ietvaros, būtu maksimāli jāizmanto mūsdienīgas tehnoloģijas, tādas kā datizrace un imitācijas modelēšana, kas ļauj pamatoti pētīt sarežģītas sociāl-tehniski-ekonomiskas sistēmas uz liela daudzveidīga datu avotu pamata [5]. Ir noteikts, ka lauksaimniecības un mežsaimniecības produktu pārvadājumu īpatsvars kopā veido ap vienu piektdaļu no pārvadāto kravu apjoma Latvijas autoceļos [6], un līdz ar to projekta rezultāti ļaus pamatot uzlabojumus ekonomiskajiem rādītājiem transporta loģistikā valsts līmenī.

2.2. Pieeju apskats pārvadājumu modelēšanā un organizēšana

2.2.1. Mežsaimniecības produktu pārvadājumos

Pētījumā ir veikta papildus padziļināta izpēte par esošiem un piedāvātiem modeļiem mežsaimniecības produktu loģistikas un transportēšanas nozarē. Veicot literatūras analīzi apskatot zinātnisko žurnālu un konferenču publikācijās ir noteikts, ka pārsvarā analizējot un modelējot tādu uzņēmumu darbību ir izdalāmi vairāki faktori, kas tiešā un netiešā veida ietekmē uzņēmumu un apkārtējo vidi. Tā, tādos modeļos [8] ir analizējami ne tikai loģistikas uzņēmumu tiešas izmaksas, saistītas ar pārvadājumiem, bet arī netiešas, tādās ka valsts ieguldījumi publiski pieejamā infrastruktūrā un finansiāli izteikta ietekmē uz apkārtējo vidi (kas mūsdienas arī ir diezgan svarīgs faktors). Atsevišķi autori [9] ņem vērā arī ietekmi uz darbaspēku un darba tirgus. Bieži vien, pētnieki modelējot tādu uzņēmumu darbību koncentrējas arī ne tikai uz pārvadājumu procesu atsevišķi, bet uz visu produkcijas piegādes ķēdi [9, 10, 11], kas ļautu maksimāli efektīvi plānot un organizēt iesaistīto uzņēmumu darbību ar labumu visiem dalībniekiem. Literatūrā ir izskatīti arī modeļi, kas ņem vērā izmaksu nestabilitāti [10], modeļi kas ļauj plānot transporta resursu koplietošanu [12].

Balsoties uz literatūras apskatu, var atzīmēt ka līdzīgo projektējami tehniski-ekonomiskai sistēmai modelēšanai bieži vien pielieto analītiskus (matemātiskus) modeļus, kā ir atzīmēts [9, 11, 12, 13, 14], bet atsevišķi autori [9] pie noteiktiem modelēšanas mērķiem piedāvā arī imitācijas modelēšanas pieeju.

Apskaitītā ekonomisku faktoru padziļinātā izpētē ļauj pamatot turpmāko modeļa izstrādi uzsākto šajā posmā, un to attīstību turpmākajos posmos.

2.2.2. Lauksaimniecības produktu pārvadājumos

Pirmkārt ir veikta analīze attiecībā uz modelēšanas iespējām un aspektiem īpaši lauksaimniecības produktu pārvadājumu nozarē. Apskatīti pētnieciski darbi analīze lauksaimniecības produktu dažādus loģistikas aspektus, sākot ar ražas vākšanas procedūrām un to optimizāciju un beidzot ar liela apjoma piegādi starp ostām. Izejot no pētāma darba kontekstā prioritāri ir pētīti avoti kas analīze lauksaimniecības produktu pārvadājumus no lauksaimniecībām līdz noliktavām, vai turpmākā posmā līdz produktu pārstrādātajiem vai pārkraušanas punktiem.

Tā, piemēram, vairākos avotos ir piedāvāti modeļi lauksaimniecības produktu pārvadājumu analīzei: balstoties uz cikliskām diagrammām un sistēmas dinamiku [15], diskrētu notikumu balstīti modeļi [16], vairāku sistēmu dinamikas bāzēto modeļu

salīdzinājums [26]. Ir sastopami arī noteikto procesu modelēšanai veltīti avoti. Tā darbs [29] ir veltīts diskrešu notikumu imitācijas modeļu izstrādei graudu loģistikai no lauku saimniecībām līdz ostām. Modelī ir analizētā pilnā piegādes ķēde, kaut gan modeļa izstrādes detaļas nav atklātas. Tomēr ir analizētā dažādu faktoru ietekme, ka arī izstrādāts modelis lēmumu pieņemšanas atbalstām.

Zinātniskos darbos lauksaimniecības produktu organizēšanā liels uzsvars ir likts uz matemātiskiem un analītiskiem modelim loģistikas efektivitātes nodrošināšanai. Īpaši daudz tādu sistēmu optimizācijai ir apskatīti lineāras programmēšanas modeļi, kā rakstos [18, 19, 20, 26, 27, 30, 31]. Tomēr, kaut gan tādu optimizācijas modeļu risināšanai eksistē pietiekami efektīvas metodes, tādu modeļu izstrāde ir diezgan laikietilpīga, ka arī modeļos ir daudz pieņēmumu un vienkāršojumu. Būtiskais no tādiem vienkāršojumiem ir, ka nav ņemts vērā modelējamo sistēmu nepastāvības faktors. Ir arī raksti [22, 27], kas apskata sarežģītāko optimizācijas algoritmu pielietošanu efektīvas loģistikas organizēšanai, bet tie ir vēl specifiskākie uz noteiktiem specifiskajiem pārvadājumu faktoriem.

Pārvadājumu plānošanas un organizēšanās metodes izvēlē ir likts uzsvars uz ekonomiskiem faktoriem [18, 19, 20, 21, 33], bet var būt analizēti arī energoefektivitātes kritēriji [17], kopējas piegādes ķēdes uzlabošana [20], atbilstoša transporta veida izvēle [21].

Viens no svarīgiem aspektiem lauksaimniecības produktu pārvadājumu organizēšanā, kas ir minēts zinātniskā literatūrā, ir ļoti mainīgs, nepastāvīgs un sarežģīti prognozējams pieprasījums. Tā ir sastopami pētnieciski darbi gan par pati loģistiku pakalpojumu pieprasījuma prognozēšanu un modelēšanu lauksaimniecības nozarē [32], tā arī modeli transporta pārvadājumiem ņemot vērā īpaši īso ražas vākšanas liela pieprasījuma periodu [30].

No projekta izstrādes viedokļa interesanti ir arī avoti, kas pamato projektā realizējamo metodoloģiju. Tā, kompleksa datu vākšana, analīze, apstrāde un modelēšana priekš lēmumu pieņemšanas ir metodoloģijas pamats rakstos [15, 18, 19, 23, 28]. Kaut gan dažādu pētījumu metodes atšķiras, kopīgais ir, ka mežsaimniecības un lauksaimniecības produktu pārvadājumu uzņēmumu digitalizācijai, tai skaitā digitāla transformācijai ir aktuāls un svarīgs virziens tādu uzņēmumu efektivitātes un loģistiku procesu uzlabošanai. Esošo procesu datu uzkrāšana pamatotu modeļu izstrādei priekš turpmākas uzņēmuma biznesa procesu optimizācijas ir viena no plaši rekomendētām metodēm.

2.2.3. Pārvadājumiem starp nozarēm

Analizējot pieejamo zinātniski-pētniecisku literatūru par koplietošanas iespējām lauksaimniecības produktu pārvadājumu uzņēmumiem organizēt elastīgo un diversificēto

pārvadājumu organizēšanu, lai būtu iespējams apvienot dažādu nozaru produktu pārvadājumus, ir atklāts, ka pagaidām zinātniskos avotos tādi pielietojumi vēl nav plaši apskatīti. Atsevišķi var atzīmēt koplietošanas pieeju pielietošanu transporta pārvadājumu, īpaši mežsaimniecības nozares produktu pārvadājumos. Tā attiecība uz pakalpojumu koplietošanu rakstā [34] ir veikta kvalitatīvo un skaitlisko novērtējumu analīze pamatojoties uz plašo aptauju, savukārt rakstā [35] ir analizēta tādas koplietošanas ietekme uz ilgtspējīgo attīstību pamatojoties uz eksperimentālo gadījumizpēti. Dažādu transporta pakalpojumu sadale starp uzņēmumiem ir aktuāls un svarīgs jautājums mežsaimniecības produktu pārvadājumu nozarē, un lauksaimniecības pārvadājumu orientēti uzņēmumi varētu veikt atbalstu mežsaimniecības nozares attīstībā un savu uzņēmumu efektivitātes paaugstināšanai.

2.3. Pārvadājumu modelēšanas un organizēšanas aspektu analīze

Piedāvātie matemātiskie modeļi pārvadājumu organizēšanai **mežsaimniecības nozarē** pārsvarā:

- neizskata darbu sezonalitātes raksturu
- netiek apskatītas iespējas kā labāk plānot pārvadājumu uzņēmumu resursus

Analizējot un modelējot **mežsaimniecības nozares** uzņēmumu darbību ir izdalāmi vairāki faktori, kas tiešā un netiešā veida ietekmē uzņēmumu un apkārtējo vidi:

- loģistikas uzņēmumu tiešas izmākas
- valsts ieguldījumi publiski pieejamā infrastruktūrā
- finansiāli izteikta ietekmē uz apkārtējo vidi
- ietekme uz darbaspēku un darba tirgus

Literatūrā līdzīgo sistēmu modelēšanai un optimizācijai pielieto:

- ļoti bieži analītiskus modeļus
- imitācijas modelēšanu
- lineāro programmēšanu
- sistēmu dinamiku

Piedāvātie matemātiskie modeļi pārvadājumu organizēšanai **lauksaimniecības nozarē** pārsvarā:

- Koncentrējas uz noteiktiem specifiskiem faktoriem
- Vienkāršojumos optimizācijas modeļi atteicas no būtiskā nepastāvības faktora

Analizējot un modelējot **lauksaimniecības nozares** uzņēmumu darbību ir izdalāmi vairāki faktori:

- Ekonomiskie faktori
- Energoefektivitātē
- Ilgtspējīgā attīstībā

Lauksaimniecības nozares pārvadājumu modeļu īpašas prasības ir:

- pārvadājumu pieprasījumu izteikta sezonālitate
- liela nepastāvība pieprasījumam
- slikti prognozējamais pieprasījums

Pamatojoties uz literatūras apskatu metodoloģijas pamats lēmumu pamatotai pieņemšanai ir kompleksā apvienoti:

- Datu vākšana
- Datu analīze un apstrāde
- Modelēšana

2.4. Nodaļas secinājumi

- Mežsaimniecības un lauksaimniecības produktu pārvadājumu uzņēmumu digitalizācija ir aktuāls un svarīgs virziens tādu uzņēmumu efektivitātes un loģistiku procesu uzlabošanai
- Pašreizēja situācijā ir nepietiekoša sadarbība starp nozarēm, ko varētu palielināt ar informētības palielināšanu un atbilstošu rīku izstrādi

3. PIEDĀVĀTĀ PIEEJA

3.1. Pētījumā izvirzītas hipotēzes

Pamatojoties uz projekta mērķi, uzdevumiem, esošas situācijas izpēti un ekspertu piedāvātiem risinājumiem pētījumā ir izvirzītas sekojošas divas pamathipotēzes:

- Transporta loģistikas uzņēmuma datu uzkrāšana, analīze un modelēšana ļauj atbalstīt lēmumu pieņemšanu.
- Pārvadājumu diversifikācija starp dažādu nozaru produktiem ļauj uzlabot pārvadājumu uzņēmuma efektivitāti.

Pamatojoties uz literatūras apskatu visaptveroša uzņēmuma informācija datu formā ļauj nodrošināt efektīvu un pamatoto lēmumu pieņemšanu pārvadājumu uzņēmuma komerciālā praksē. Tomēr no vienas puses literatūra nepiedāvā pilno informācijas apstrādes ciklu no datu uzkrāšanas līdz lēmumu pieņemšanas, un no otras puses daudziem projektā iesaistītiem uzņēmumiem nav atbilstošu informācijas tehnoloģijas rīku un nodrošinājuma lai pilnvērtīgi uzkrāt, apkopot un pārvaldīt operacionālo un biznesa procesu informāciju.

Izejot no izvirzītiem priekšnosacījumiem, būtu nepieciešams novērtēt to, vai apvienojot un sadalot pieejamus resursus starp dažādas nozares produktu pārvadājumu uzņēmumiem būtu efektīvi un izdevīgi veikt pārvadājumus. Šis hipotēzes apstiprināšanai būtu jāizveido atbilstošais modelis un jānomodelē situāciju dažādos scenārijos.

3.2. Piedāvātas pieejas pamatojums

Vēsturiski, kā ir atzīmēts nozares ekspertu aptaujā, transporta uzņēmumiem gan mežsaimniecības, gan lauksaimniecības produktu pārvadājumos ir ierobežots produktu tips, ko var pārvadāt, kas ir noteikts ar izmantoto transportlīdzekļu īpašībām. Tā graudu pārvadājumos visbiežāk ir pielietotas piekabes beramkravām, savukārt mežsaimniecības produktu pārvadājumos specializēti baļķvedēji ar hidrauliskiem iekrāvējiem. Tomēr šis ierobežojums attiecas uz specifiskām piekabēm, un teorētiski, būtu iespējams pielietot vienu un to pašu vilcēju dažādās specifiskās piekabēs būtu iespējams veikt ar viena uzņēmuma resursiem (vilcējs un vadītājs) dažādu produktu tipu pārvadājumus, un ar to diversificēt pārvadājumus uz dažādu nozaru produktu veidiem.

Specializētais meža transports ir kokvedēja automašīna ar piekabi (sk. 3.1. att.), kas Latvijas gadījumā kvalificējas smagsvara atļaujas (līdz 52 tonnām) saņemšanai ir 3 asu automašīna + 3 asu piekabe, kurām visiem riteņiem ir jābūt sapārotiem. Ja šādai mašīnai nav

izņemta smagsvara atļauja, ar viņu var braukt Latvijas noteiktajā kopējā svarā: 40 tonnas.



3.1.att. Mežsaimniecības produktu pārvadājumu transporta sastāva piemērs

Lauksaimniecībā reti izmanto mašīnas ar piekabi, bet pārsvarā izmanto vilcēji ar piekabēm. Pārsvarā gan vilcējs ir ar 2 tiltiem, un puspiekabes ir ar 3 tiltiem, bet tām nav sapāroti riteņi, tas nozīmē, ka 52 tonnu pārvadājums nav iespējams (sk. 3.2. att.):



3.2.

att. Lauksaimniecības produktu pārvadājumu transporta sastāva piemērs

Kā ir noteikts projekta izpildē, lauksaimniecības uzņēmumi varētu veikt mežsaimniecības produktu pārvadājumus pielietojot specializēto **puspiekabi atbilstošu lielgabarītu un smagsvaru pārvadājumiem** ar 52 tonnu šasijas konstrukciju (sk. 3.3. att.), kas ir saderīga ar lauksaimniecības uzņēmumu vilcējiem un ir pielietojama mežsaimniecības produktu pārvēšanai.

Tādas puspiekabes (3.3. att.) izmantošana ir pamatota ar Ceļu Satiksmes Noteikumu 2. pielikumu un Ministru Kabineta smagsvara un lielgabarīta noteikumiem 343. punktu.



3.3. att. Specializēta **puspiekabe atbilstoša lielgabarītu un smagsvaru pārvadājumiem** mežsaimniecības produktiem

Tādai specializētu *smagsvaru pārvadājumu atbilstošo piekabju* izmantošanai ir arī citas pozitīvas īpašības. Specializētais kokmateriālu transports sver aptuveni 22 tonnas, savukārt minētai puspiekabei kopā ar vilcēju svars ir aptuveni 20 tonnas. Ieguvums koku materiālu pircējām vai pārdevējām pie kravas apjoma 52 tonnas ir, ka specializēta puspiekabe ļauj transportēt par 2 tonnām vairāk. Šis dod ieguvumu transporta turētājam samazinot CO₂ izmešus un mazināt degvielas patēriņu.

Projektā izmantotai *smagsvaru pārvadājumu atbilstošai puspiekabei* ir sekojoša tehniskā specifikācija:

- Šasija
 - Kopējais garums – 13 400 mm
 - Ārējais platums - 2 550 mm
 - Kopējais augstums 4 000 mm
- Balstiekārta un riepas
 - 3 x 10 tonnu asis ar gaisa balstiekārtu
 - Starpasu attālums 1310 mm + 1310 mm
 - 275/70R22,5 sapārotas riepas, 12 gab.
- Sakabe
 - Standarta 2"
 - Maksimālais pagriešanas rādiuss ~1600 mm
 - 2x12 tonnu atbalsta ķēpas
- Manipulators
 - Manipulatora novietojums puspiekabes priekšgalā
 - Hidrauliskās izlices garums horizontāli 9,7 m
 - Vienas kontūras konstantā hidrauliskā sistēma
 - Regulējams operatora darba sēdekļis
 - Automašīnas dzinēja vadība no manipulatora operatora darba vietas
- Kravas statnes
 - Kravas statnes – 8 gab.
 - Šķērstbalsti – 3 gab.

Atbilstoši "Noteikumiem par lielgabarīta un smagsvara pārvadājumiem" 36. punktam *smagsvaru pārvadājumu atbilstošai piekabeī* ir jāsaņem atļauja transportlīdzekļa sastāvam. Atļauja tiek izsniegta uz valsts ceļu tīklu – valsts nozīmes un reģionāliem ceļiem. Pašvaldību ceļos ir nepieciešams saskaņojums ar pašvaldību. Katrā pašvaldībā ir iekšējie noteikumi par kārtību kā notiek smagsvaru pārvadājumu saskaņojums. Kospavilkums par piekabes izmantošanas nosacījumiem kravu pārvadājumos iekļauts šajās vadlīnijās:

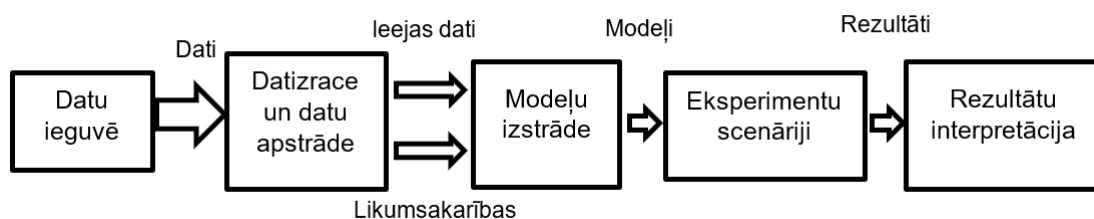
<https://www.lla.lv/projekti>,

<https://drive.google.com/file/d/1vLciUOuCVWCIOQVTB8q1a9LGiANoBJeR/view>

3.3. Piedāvāta metodoloģija datu analīzei un modelēšanai

Atbilstoši projekta prasībām ir izstrādāts mežsaimniecības un lauksaimniecības pārvadājumu plānošanas un organizēšanas metodoloģijas prototips, kas tiks izmantots

turpmākiem darbiem (sk. 3.4. att.):



3.4. att. Pārvadājumu plānošanas un organizēšanas metodoloģijas pamatprocess

Pārvadājumu organizēšanai un plānošanai būtu jāpaveic sekojoši soļi, kas ir aprakstīti

3.1. tabulā. Katrā posma rezultāti ir izmantojami kā ieejas dati nākamajā posmā.

Tabula 3.1. Metodoloģijas pamatposmi

Posms	Plānotās darbības	Sagaidāmie rezultāti
1. Datu ieguve	Pārvadājumu datu iegūšana mežsaimniecības un lauksaimniecības produktu pārvadājumu uzņēmumos	Detalizētas datu kopas ar vispusīgu pārvadājumu informāciju
2. Datizrace un datu apstrāde	Pārvadājumu datu kopu datu pirmsapstrāde un datizrace (likumsakarību analīze)	1. Sagatavoti ieejas dati modeļiem 2. Matemātiskie modeļi un likumsakarības priekš imitācijas modeļiem
3. Modeļu izstrāde	Imitācijas un analītisko modeļu izstrāde pārvadājumu uzņēmumu biznesa un ekonomisko procesu skaitliskai modelēšanai un analīzei	Izstrādāti datormodeļi
4. Pārvadājumu organizēšanas scenāriji	Tiek formulēti scenāriji modeļu pielietošanai. Plānoti un izpildīti modelēšanas eksperimenti.	Modelēšanas un analīzes rezultāti
5. Rezultātu analīze un interpretācija	Modelēšanas rezultātu padziļināta izpēte rekomendāciju izstrādei uzņēmumiem	Rekomendācijas lauksaimniecības un mežsaimniecības produktu pārvadājumu uzņēmumiem

Pie paveiktās metodoloģijas izstrādes ir paredzēts, ka turpmāko projekta uzdevumu izpilde ļaus pilnveidot metodoloģijas struktūru un mainīt izmantotās pieejas un metodes labāku rezultātu sasniegšanai.

3.4. Transporta uzņēmumu datu vākšanas un uzkrāšanas motivācija

Pamatojoties uz uzkrātiem datiem ir iespējams izstrādāt uz datiem balstītus lauksaimniecības un mežsaimniecības transporta uzņēmumu modeļus. Ir iespējams arī izdalīt likumsakarības starp iegūtiem datiem un noteikt faktoru savstarpēju ietekmi.

Datu uzkrāšanai transporta uzņēmumam ir jābūt pilnvērtīga informācijas vadības sistēma, savukārt maziem lauksaimniecības uzņēmumiem pārvadājumu uzskaitē ir organizēta nepilnvērtīgi un tādu sistēmu nav.

Datu ievades sistēmas ieviešana tādos nelielos uzņēmumos ļautu ne tikai veikt ieguldījumu turpmāko modeļu izveidošanai, bet arī pašiem uzņēmumiem ļautu ērtākā un kvalitatīvākā veidā pārvaldīt un analizēt savu informāciju, procesus un darba rezultātus.

3.5. Modelēšanas scenāriju izstrāde

Lai sasniegtu pareizos izstrādājamās metodikas rezultātus, tika veikta analīze par iespējamiem eksperimentāliem scenārijiem izstrādājamajam modelim.

Pirmā scenāriju grupa paredz tikai vadītāju piesaisti starp mežsaimniecības un lauksaimniecības produktu pārvadājumu uzņēmumiem sezonālo pārvadājumu pieprasījuma apmierināšanai, īpašo uzsvāru liekot uz lauksaimniecības produktu pārvadājumu tehnikas vadītāju izmantošanu mežsaimniecības produktu pārvadājumiem.

Otrā scenāriju grupa paredz arī velkošās tehnikas transportlīdzekļu parka apmaiņu un nomu starp dažādas produktu pārvadājumu uzņēmumiem efektīvāko cilvēkresursu un tehnisko resursu izmantošanai.

Visās scenāriju grupās ir paredzēts uzsvārs uz uzņēmumu ekonomisko faktoru ietekmi un to modelēšanu ar vienkāršākiem ekonomiskās modelēšanas paņēmieniem un vienkāršākiem modeļiem, ņemot vērā cilvēkresursu apmācīšanas izdevumus un tiešos un netiešos zaudējumus, kas var rasties atšķirīgo produktu tipu pārvadājumu specifikas dēļ.

Pamatojoties uz izvirzītām hipotēzēm, projekta ietvaros ir izdalītas trīs scenāriju pamatgrupas:

1. Vadītāju un specifiskas tehniskas pielietošana citas nozares kravu pārvadājumiem

cilvēkresursu un tehnikas efektīvai izmantošanai.

2.Sezonālo pārvadājumu produktu tipu iespēju diversifikācijas ietekme uz mazākiem un lielākiem uzņēmumiem

3.Ekonomisku faktoru (algas, degvielas cenu u.tml.) izmaiņas ietekme uz uzņēmuma darbību.

4. TRANSPORTA UZŅĒMUMU DATU VĀKŠANA UN ANALĪZE

4.1. Pārvadājumu pārvaldības un organizēšanas sistēma "Graudvedis"

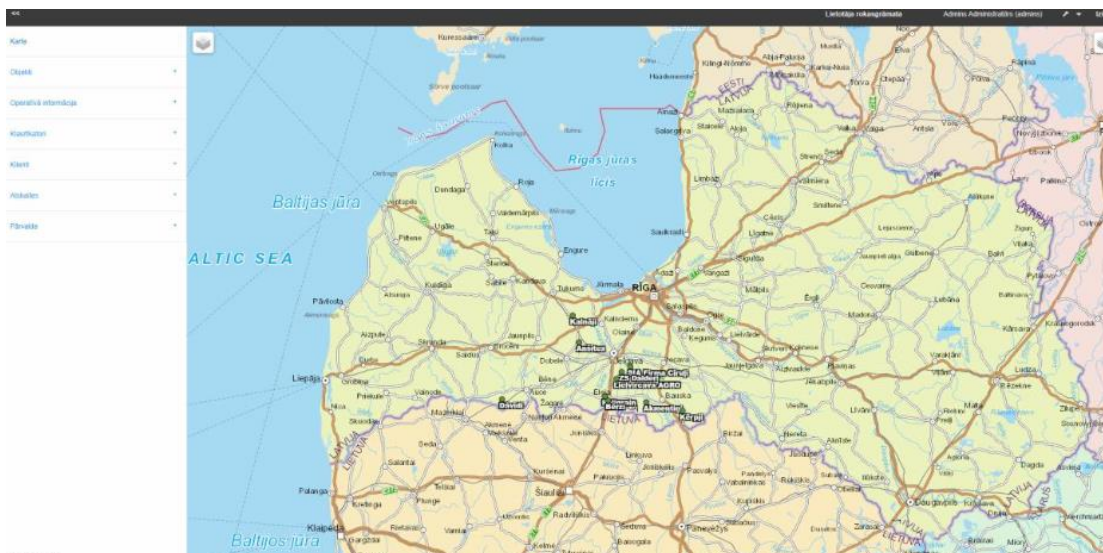
Projekta ietvaros ir izstrādāta pārvadājumu uzņēmuma datu uzskaites un transporta plānošanas informācijas sistēma "Graudvedis" lauksaimniecības pārvadājumu nozarei.

4.1.1. Sistēmas apraksts

Pārvadājumu pārvaldības un organizēšanas sistēmā "Graudvedis" ir realizētas sekojošas funkcijas:

- Pārvadājumu informācijas uzskaitē
- Pavadzīmju automatizācija
- Klientu informācijas vadība
- Transportlīdzekļu uzskaitē
- Maršrutu veidošana un vadītāju dispečerizācija
- Lietotāju strukturēta pārvaldība
- Datu uzkrāšana un atskaites sistēma pārvadājumu datu turpmākai analīzei un lēmumu pieņemšanai

Strādājot ar programmatūras pamata versiju lietotājs strādā ar interaktīvo karti (sk. 4.1. att.), uz kuras ir attēloti vairāki slāņi ar dažādiem objektiem (tādiem kā transportlīdzekļi, iekraušanas un izkraušanas noliktavas, u.tml.), ka arī rīkjosla ar filtriem un izvēlnēm:



att. Sistēmas "Graudvedis" galvenais ekrāns un objektu attēlojums

Lietotājs (lauksaimniecības produktu pārvadājuma uzņēmuma pārstāvis) strādājot ar

sistēmu noteic visu pamatobjektu īpašības un atrašanās vietas (koordinātes) tādiem objektiem kā:

- Uzņēmuma noliktavas
- Piegādes vietas
- Autoparka izvietojanas vietas

Noliktavu objektu īpašības iekļauj produkcijas tipu, un produkcijas daudzumu kas glabājas noteiktā noliktavā. Ikdienas darba uzņēmuma pārstāvim būtu jādefinē piegādes vietas (sk. 4.2. att.) un piegādes maršrutus.

The screenshot shows a web application window titled "Piegādes vietas labošana" (Delivery location editing). On the left is a map showing a location in Latvia, with a red pin and label "Andersons, Latkovskis and Celmiņš". The right side contains a form with the following fields:

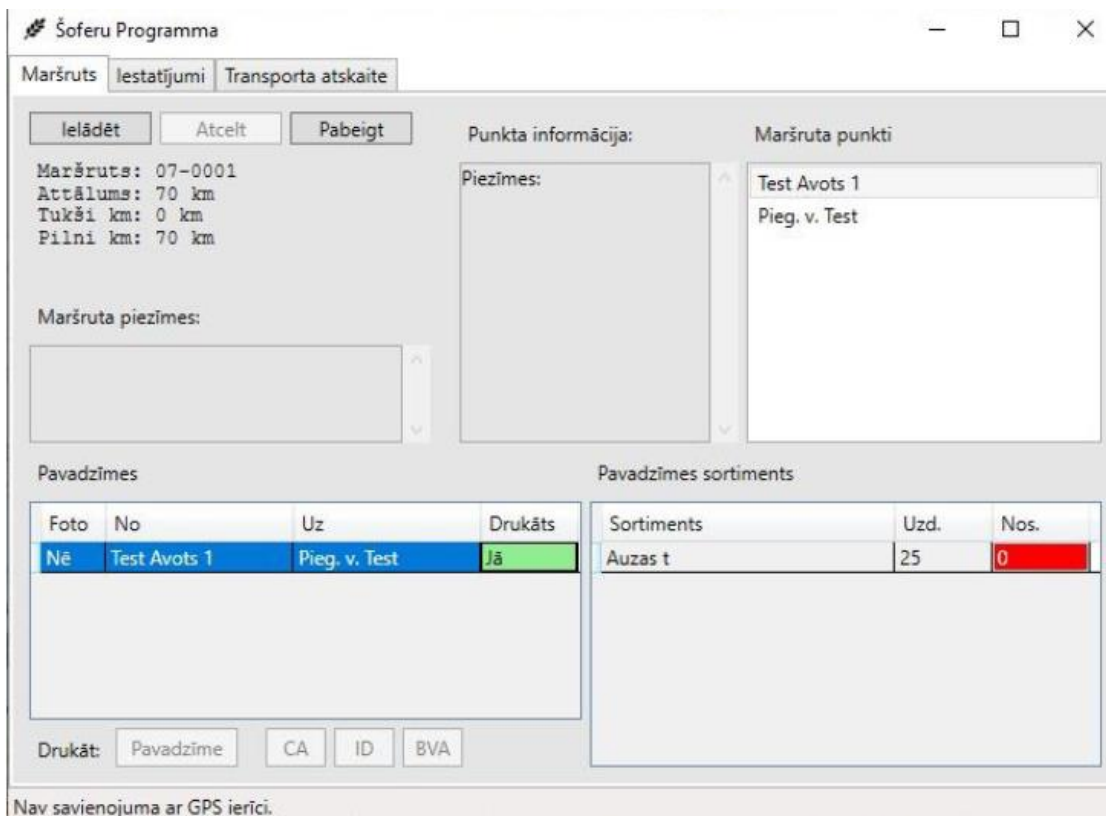
- Koordinātas**: [56.4755, 26.2717]
- Nosaukums**: Andersons, Latkovskis and Celmiņš
- Adrese**: 95 Kalniņš Street
- Darba laiks**: 09:00:00 to 19:00:00
- Kraušanas laiks**: 07:00:00 to 17:00:00

At the bottom of the form are three buttons: "Saglabāt" (Save), "Dzēst" (Delete), and "Atcelt" (Cancel).

4.2.

att. Piegādes vietas noteikšana "Graudvedis" programmatūrā

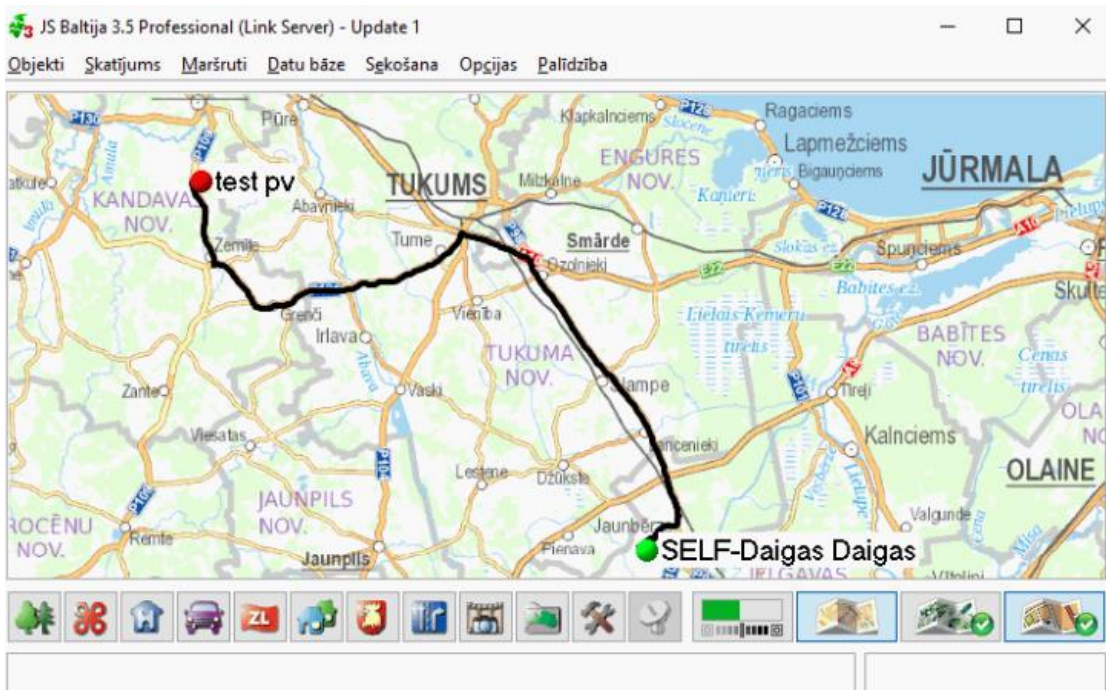
Savukārt faktisko reisu izpildē, reisu datu un pavadzīmju ievadīšanā ir veikta uzņēmuma transportlīdzekļu vadītājiem sistēmas "Graudvedis" šofera programmas versijā (sk. 4.3. att.):



4.3.

att. Sistēmas "Graudvedis" šoferu programmas galvenais ekrāns

Šoferu programmatūras versijā transportlīdzekļa vadītājam ir iespēja izvēlēties noteikto uzdevumu pie izpildes, un arī izmantot transportlīdzekļa maršrutizācijas rīkus (sk. 4.4. att.).



4.4.

att. Darba uzdevuma maršruta izveidošana no sistēmas "Graudvedis" šofera programmas versijas

Darba uzdevuma izpildes laikā sistēma "Graudvedis" šofera programmatūrā atzīme izpildīto darbības, un atbilstoši uzkrāj pamatprogrammas datubāzē visu maršrutam atbilstošu informāciju. Transportlīdzekļa vadītājā ērtībai savukārt ir automatizēta pavadzījumu izrakstīšanas iespēja.

4.1.2. Piekļuve un tehniskas prasības

Sistēmā "Graudvedis" lietotājiem ir pieejamā pēc norādes: <http://graudvedis.selflogistic.lv/>. Ieejot sistēmā, ir pieejamas arī abas, projekta ietvaros izstrādātās rokasgrāmatas – sistēmas lietotāja rokasgrāmata un šoferu programmas lietotāja rokasgrāmata. Lietošanas piekļuves pie datu ievades un sistēmas izmantošanai ir jāaskaņo ar pašreizējo sistēmas "Graudvedis" uzturēju SIA "SELF Logistic".

Dispečera un atskaites programmatūras timekļa versijai ir sekojošas minimālas tehniskas prasības:

- Operētājsistēma: Microsoft Windows 7 vai jaunāka
- Interneta pārlūkprogramma Mozilla Firefox 47, Google Chrome 51, Microsoft Edge
Ieteicams izmantot Google Chrome
- Datortehnikas minimālās tehniskās prasības: Procesors (CPU): Intel i3 vai ekvivalents; Galvenā atmiņa (RAM): 2 GB vai vairāk; Videokarte: 128MB, vai vairāk
- Monitora minimālās tehniskās prasības: Ekrāna izmērs: 17" un Izšķirtspēja: 1024 x 768

Šofera programmatūras minimālās tehniskās prasības ir:

- Operētājsistēma: Microsoft Windows XP SP3 vai jaunāka (Vēlams Windows 7 vai Windows 10)
- Jābūt instalētam Microsoft .NET Framework 4.0
- Jābūt instalētam Jāņa Sēta Baltija 2, 3 vai 3.5. ar "Icoserver" moduli VAI Jāņa Sēta Baltija ar KMZ datņu atvēršanas iespēju
- Datortehnikas minimālās tehniskās prasības: Procesors (CPU): Intel Celeron dualcore vai ekvivalents; Galvenā atmiņa (RAM): 2 GB vai vairāk;

2.1.5 USB GPS uztvērējs

Detalizētākas prasības un programmu rīku pielietošanas instrukcijas ir aprakstītas sekojošas sistēmas "Graudvedis" pamacībās:

- Sistēmas "Graudvedis" lietotāja rokasgrāmatā
- "Graudvedis" šofera programmas lietotāja rokasgrāmatā

4.2. Vēsturisko datu analīze

Pētījumā ir analizēti mežsaimniecības produktu uzņēmuma piedāvāti vēsturiski dati par mežsaimniecības pārvadājumiem. Ir izskatīti dati, kas apkopoja informāciju par pārvadājumiem starp uzņēmuma klientiem: cirmsmām un pārstrādes uzņēmumiem ar sekojošām dimensijām:

- pārvadātie apjomi;
- pārvadājumu attālumi;
- datumi;
- kravas struktūra.

Analizējot pārvadājumu plūsmas, ir konstatēts, ka, neskatoties uz datu apjomu, tomēr datu struktūra un atribūti neļāva izsekot būtiskas likumsakarības, kas būtu lietderīgas turpmākajā modelēšanā. Veicot aptverošo datu analīzi ar esošo datu kopu un meklējot korelācijas starp atribūtiem datu kopā, netika atklātas jaunas likumsakarības, kas nebūtu pašas par sevi izgūstamas no datu struktūras un biznesa procesiem. Kā piemērs no noteiktām likumsakarībām ir transportēšanas apjoma atkarība no nedēļas dienas. Ir noteikts, ka lielāks pārvadājumu datu periods ļautu iegūt vairāk likumsakarību datus.

Uz datu analīzes pamata ir secināts par mežsaimniecības un lauksaimniecības produktu pārvadājumu detalizētu datu trūkumu un, ka pilnvērtīgai projekta izstrādei obligāti ir jāsavāc kā vien iespējams vairāk detalizētas informācijas no pārvadājumu tehnikas.

4.3. Datu padziļinātas analīzes iespējas

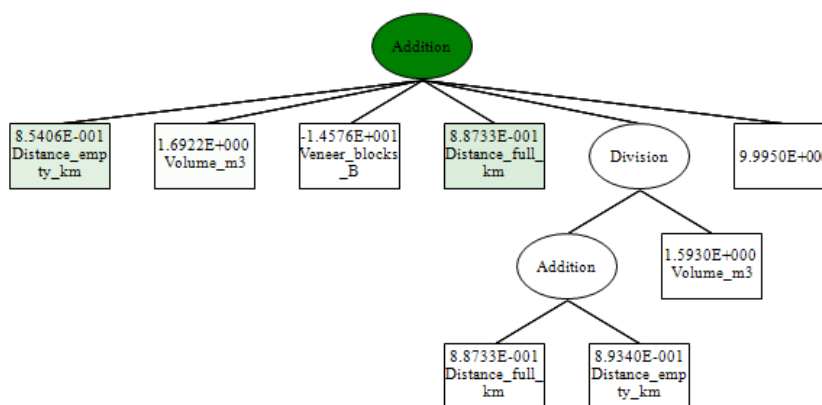
Analizējot priekšizpētes datus par mežsaimniecības produktu pārvadājumiem, izmaksām un pārvadātās kravas struktūru ir veikta datu pirmsapstrāde lai noteiktu datu struktūru, aizvietotu trūkstošos datus un veiktu neskaitlisko vērtību agregāciju. Daži no atribūtiem, piemēram, tie kas atspoguļo pārvadājamās produktu struktūru, tika normalizēti.

Veicot korelācijas meklēšanu apstrādātai datu kopai ar specializēto rīku *WEKA*, nozīmīga korelācija starp datu kopas atribūtiem ir noteikta tikai starp ļoti saistītiem atribūtiem

(izmaksas par reisu, izmaksas par m³, u.tml.) un nav atklāta nozīmīga korelācija starp mērķa atribūtiem un pārējiem datu kopas laukiem. Korelācijas analīzē ir izdalīti un apkopoti atribūti kas ietekmē pamata ekonomiskos rādītājus. Iegūtie pirmsapstrādes dati palīdzēs arī turpmāko datu analīzei.

Turpmākai analīzei, lai noteiktu padziļinātas likumsakarības starp iegūstamiem ieejas un izejas datiem, ir piedāvāta simboliskās regresijas (angļ.: *symbolic regression*) pieejas pielietošana. Simboliskās regresijas metode ir paredzēta likumsakarību meklēšanai starp ieejas un izejas datiem simbolisko analītisko izteiksmju formā [36]. Līdz ar to likumsakarības no apstrādātām datu kopām ir sintezētas matemātisko un analītisko formulu veidā, kas ļaus stipri atvieglot turpmāko modeļu izveidi. Viena no literatūrā plaši apskatītām metodēm, kas ir pielietota simboliskā regresijā, ir ģenētiskās programmēšanas pielietošana ar evolucējošo indivīdu datu attēlošanu koka veidā [37]. Metode ir plaši pielietota dažādās nozarēs, jo ļauj iegūt matemātiskas sakarības gandrīz neatkarīgi no datu konteksta [38].

Veicot priekšizpēti par simboliskās regresijas pielietojumu esošajai pieejamajai datu kopai, ir veikta analītisko likumsakarību iegūšana priekš dažiem svarīgākiem atribūtiem, izmantojot specializēto programmatūru HeuristicLab. Piemērs ar iegūto analītisko izteikumu, kas ir kodēts koka struktūrā un kas ir tuvinājums reisa izmaksu aprēķinam no esošiem datiem, ir attēlots 4.5. att. Šeit, uz ilustrācijas (4.5. att.) taisnstūra elementi apzīmē noteiktus ieejas faktoru vērtības reizinātus ar konstanta koeficientiem. Piemēram 8.5406E-001 *Distance_empty_km* apzīmē, ka šī zara vērtība ir rēķināta kā tukša attāluma vērtība kilometros reiz konstanto koeficientu $8.5406 \cdot 10^{-1}$. Savukārt apļveida elementi apzīmē matemātiskas operācijas uz ienākošiem zariem. Piemērām *Addition* apzīmē starprezultātu vērtību saskaitīšanu un *Division* dalīšanu.



4.5. att. Priekšizpētē iegūtā analītiskā modeļa izmaksu aprēķinu piemērs kokā veidā

Atbilstošā modeļa, kas apzīmēts ar koku 4.5. att. Interpretācija matemātiskas formulas (simbolu analītiskas izteiksmes) veidā ir attēlota zemāk 4.6. attēlā:

$$Cost_{eurPerTrip} = \left(c_0 \cdot Distance_empty_km + c_1 \cdot Volume_m3 + c_2 \cdot Veneer_blocks_B + c_3 \cdot Distance_full_km + \frac{(c_4 \cdot Distance_full_km + c_5 \cdot Distance_empty_km)}{c_6 \cdot Volume_m3} + c_7 \right)$$

$c_0 =$	0.85406
$c_1 =$	1.6922
$c_2 =$	-14.576
$c_3 =$	0.88733
$c_4 =$	0.88733
$c_5 =$	0.8934
$c_6 =$	1.593
$c_7 =$	9.995

4.6. att. Priekšizpētē iegūtā analītiskā modeļa reisa izmaksu aprēķinu piemērs formulas veidā

Kur apzīmējumi ir:

- *CostEurPerTrip* – reisa izmaksas, EUR
- *Distance_empty_km* – reisa tukšais attālums (bez kravas), km
- *Distance_full_km* – reisa attālums ar kravu, km
- *Volume_m3* – kravas apjoms reisā, m³

Priekšizpētē iegūtie modeļi pašlaik apraksta datu kopu ar diezgan lielu kļūdu, taču tie ļauj iegūt aptuvenas aprakstošas formulas izstrādājamā modeļa vajadzībām. Turpinot pielietot piemēroto metodi, veicot lielāko eksperimentu skaitu un dziļāk kontrolējot metodes parametrus un sākumnosacījumus, ir paredzēts iegūt gan precīzākas matemātiskās formulas, kas aprakstītu modelējamās parādības, gan iegūtu lielāko aprēķināmo faktoru skaitu.

4.4. Transporta uzņēmumu datu vākšana

Projekta ietvaros dati ir iegūti, glabāti un apstrādāti sekojošas divas pamatsistēmās:

- SIA SELF Loģistika uzņēmuma informācijas vadības sistēmā ("Kokvedis")
 - dati par mežsaimniecības produktu pārvadājumiem
- Projekta ietvaros izstrādātā informācijas vadības sistēmā "Graudvedis":
 - Lauksaimniecības produktu pārvadājumu dati
 - Pārstrādes nozares produktu pārvadājumu dati

4.4.1. Mežsaimniecības produktu pārvadājumu datu struktūra

Projekta darbības periodā kopumā ir iegūti un apstrādāti dati par 61 atsevišķiem transporta uzņēmumiem. Projekta analizēto pārvadājumu uzņēmumu izmantoto transportlīdzekļu skaits ir no liela diapazonā – no 1 līdz 29 vilcējiem.

9	Mežs.p.uzņ. 9	1866	7	BA-E (30%), BA-P (17%), PM-B...
10	Unicentrs	1816	7	BA-B (30%), PM-B (19%)...
	
	Mežs.p.smags.p.	1009	2 (1 no tiem demonstrējama smagsvara puspiekabe)	BA-B (50%), MA,...
	
	Kukuri	2	1	BA-B

Tabulā 4.1. ir doti sekojoši apzīmējumi produktu tipiem: BA - baļķi, PM – papīrmalka, MA - malka, E - egle, P – priede, B - bērzs.

4.4.2. Lauksaimniecības produktu pārvadājumu datu struktūra

Projekta darbības periodā ir iegūti un apstrādāti dati par 12 atsevišķiem transporta uzņēmumiem. Projekta analizēto pārvadājumu uzņēmumu izmantoto transportlīdzekļu skaits ir diapazonā no 1 līdz 8 vilcējiem.

Trim uzņēmumiem ir iegūti pārvadājumu dati gan mežsaimniecības un lauksaimniecības produktu pārvadājumiem.

Par periodu 2021. – 2024. ieskaitot ir iegūti vairāk nekā 6 tūkstoši ieraksti lauksaimniecības produktu pārvadājumiem. Atbilstošu ierakstu sadalījums pēc uzņēmumiem ir aprakstīts Tabulā 4.2. Uzņēmumiem, kas tiešā veidā nepiedalījās projektā, bet kuru dati arī tika izmantoti plašākā datu analīze uzņēmumu nosaukumi ir kodificēti zem "*Lauks.p.uzņ.**". SIA Elagro Trade atsevišķos gadījumos pārvadājumos izmantoja apakšuzņēmumus, kuri arī reģistrēja lauksaimniecības pārvadājumu datus, savukārt uzņēmumu nosaukumi šiem apakšuzņēmumiem ir kodificēti kā "*Elagro.apakš.**". Pašam Elagro Trade uzņēmumam reģistrējot datus nebija atzīmēts transportlīdzekļa numurs, līdz ar to nav precīzas informācijas par autoparku no datiem.

Reģistrēto datu struktūra ir sekojošā:

- Uzkrāšanas informācijas:
 - Vieta
 - Datums un laiks
- Piegādes informācija:

- Vieta
- Datums un laiks
- Maršruta kopējais garums
- Maršruta tukšie km
- Maršruta pilnie km
- Pārvadāmo produktu tips
- Pārvadāto produktu daudzums:
 - Apjoms
 - Svars
- Dispečera patērētais laiks komunikācijā ar šoferi
- Iespējamās kļūdas darba uzdevuma izpildē
- Papildus darbu laiki
- Šofera dati
- Transportlīdzekļa dati un sastāvs
- Degvielas patēriņš

Datu ierakstu piemērs no sistēmas ir dots 4.8. attēlā.

4.8.

att. Datu ierakstu piemērs lauksaimniecības produktu pārvadājumiem

Tabula 4.2.. Lauksaimniecības produktu pārvadājumu analizējamo datu sadalījums atsevišķiem uzņēmumiem

	Uzņēmums	Datu periods	Ieraksti	Transportlīdzekļi	Produktu pārvadājumos
1	Elagro.apakš.1	2021. – 22.	599	3	Graudi (98%) + cits
2	Elagro Trade	2022.	431	nav informācijas	Graudi
3	Lauks.p.uzņ.1	2021.-22.	313	4	Graudi

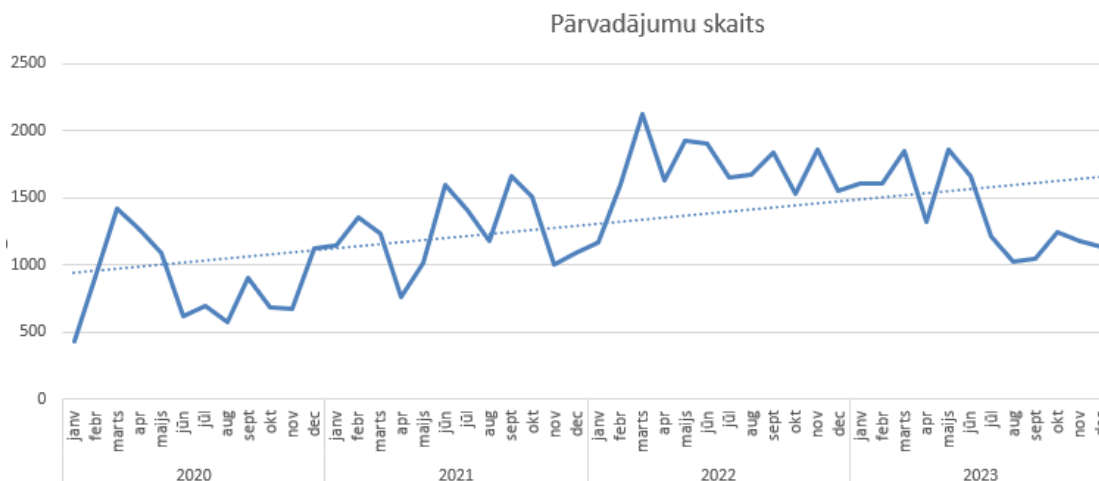
4	<i>Lauks.p.uzņ.2</i>	2022.	146	3	Graudi
5	Kukuri	2021.-23.	151	1	Graudi (87%) + cits
6	<i>Lauks.p.uzņ.3</i>	2022.	1149	8	Graudi
7	Liepas	2021.	9	1	Graudi
8	<i>Lauks.p.uzņ.4</i>	2021.-22.	321	6	Graudi
9	Pan-Trans	2021.-24.	1517	1	Cits
10	RANPO	2021.-22.	120	1	Graudi
11	Elagro.apakš.2	2021.-22.	1472	3	Graudi + cits
12	Unicentrs	2022.	1	1	Graudi

Atsevišķi var atzīmēt, ka sekojošiem uzņēmumiem ir atbilstoši uzkrāti dati gan par mežsaimniecības produktu, gan par lauksaimniecības produktu pārveidājumiem: 1) "Kukuri", 2) "Pan-Trans" un 3) "Unicentrs".

4.5. Pārveidājumu uzņēmumu datu analīze

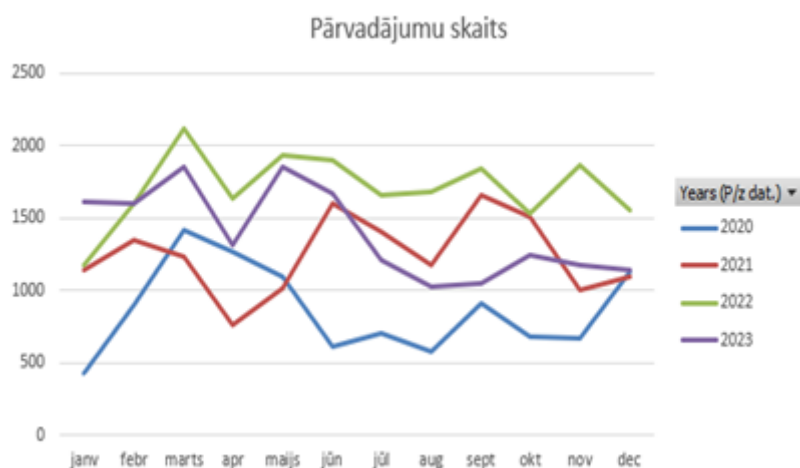
4.5.1. Situācija mežsaimniecības nozarē

Analizējot projekta periodā uzkrātus datus par mežsaimniecības produktu pārveidājumiem var secināt par izmaiņu tendencēm un datu īpašībām. Pirmkārt analizējot reisu skaitu mēnesī, var atzīmēt kopējo tendenci uz mežsaimniecības produktu pārveidājumu pieaugumu. Tā, piemēram, 2022. gadā kopumā sistēmas datubāzē ir pierēģistrēti 2 reizes vairāk pārveidājumi nekā 2020. gadā, kas varētu būt saistīts ar globālam un ekonomiskām izmaiņām, kad pieauga pieprasījums pēc mežsaimniecības produktu pārveidājumiem (sk. 4.9. att). Tomēr šī tendence arī mainās, un 2023. gadā jau ir reisu skaita samazinājums uz 18% salīdzinājumā ar 2022. gadu. Neskatoties uz šī perioda samazinājumu, var atzīmēt, ka kopumā, pa 4 gadiem pieprasījums pēc mežsaimniecības produktu pārveidājumiem pieaug.



4.9. att. Mežsaimniecības produktu pārvadājumu reģistrēto reisu skaits mēnešos

Analizējot atsevišķus faktorus mežsaimniecības produktu pārvadājumos no sezonālītātes viedokļa, ir diezgan sarežģīti izcelt noteikto sezonālītāti, jo datu īpašības un struktūras ir diezgan atšķirīgas dažādos gados. Piemērām tas pats reisu skaits noteiktā periodā (mēnesī) ir atkarīgs no analizējama gada (sk. 4.10. att.):



4.10. att. Pārvadājumu sezonālītātes dinamika mežsaimniecībā dažādos gados

Bet, ja salīdzināt vidējo reisu skaitu mēnesī apskatītā periodā (sk. 4.11. att.), var secināt, ka pirmajā pusgadā kopējais veikto reisu skaits mežsaimniecības produktu pārvadājumos kopumā ir lielāks. Savukārt, otrā gada pusē (īpaši rudenī) ir mazāks veikto reisu skaits.



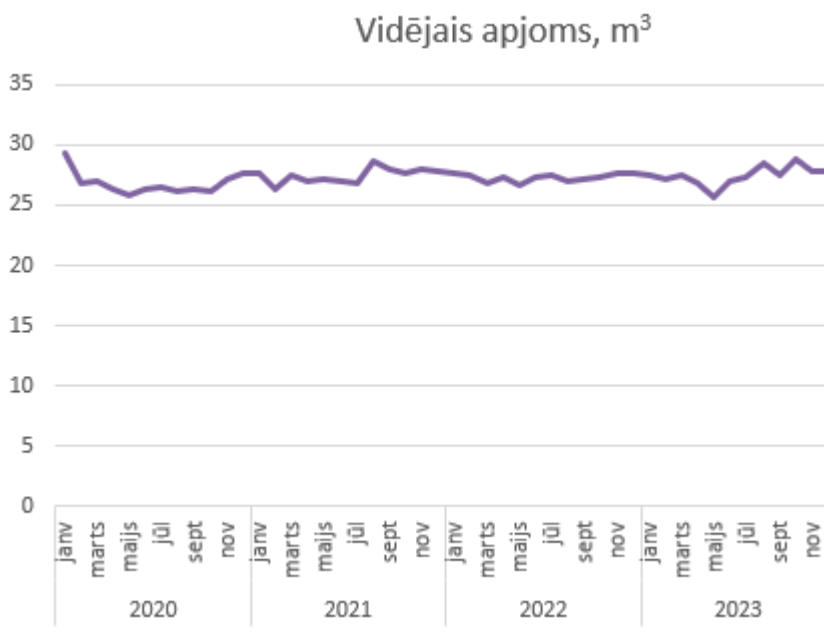
4.11. att. Vidēja mežsaimniecības produktu pārvadājumu reisu skaita atkarība no mēneša

Analizējot kopējus datus būtu jāatzīmē, ka pārvadājumu atsevišķo īpašību struktūrā nebija būtisko izmaiņu, un tas nav lielā mērā atkarīgs no analizēta gada vai sezona (sk. 4.12. un 4.13. att.).



4.12. att. Vidējas maršruta attālums mežsaimniecības produktu pārvadājumos

Kopumā 2022. gadā vidējais veikto reisu attālums ar kravu bijā lielāks, nekā 2020. un 2021. gadā, kas varētu būt izskaidrojams nozares ekspertiem, ar to ka lielākais tirgus pieprasījums pēc mežsaimniecības produktiem un lielākas cenas 2022. gada radīja iespējas atsevišķām mežsaimniecības preču grupām tālākiem pārvadājumiem, no attālinātām cirstmām uz ostām.



4.13. att. Vidējas reisa apjoms mežsaimniecības produktu pārvadājumos.

Tomēr parēji pārvadājumu aspekti piemēram vidējais reisa apjoms (sk. 4.13. att.) nav tik atkarīgi no sezonālītātes un no projekta apskatāmā perioda posma.

4.5.2. Situācija lauksaimniecības nozarē

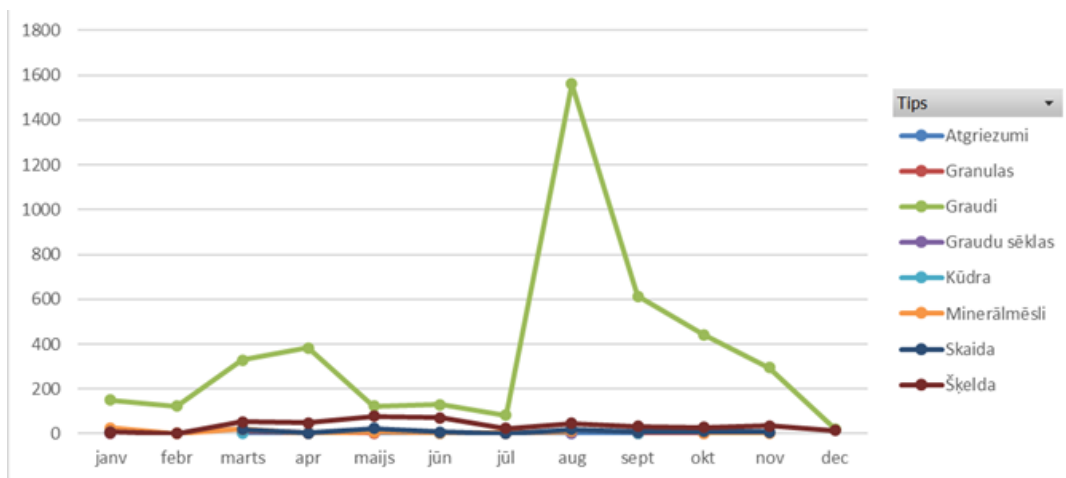
Analizējot lauksaimniecības produktu pārvadājumu datus ievadītos un uzkratos partneru uzņēmumiem sistēmā "Graudvedis" ir identificētas sekojošas problēmas. Ņemot vērā datu vadības sistēmas "Graudvedis" izstrādes un ieviešanas periodu, faktiskā aktīva ievadē ar pirmajiem ievadītiem reisu datiem ir uzsākta 2021. gada jūlijā. Savukārt, datu aktīva ievadē notika līdz 2022. gada beigām, kad bija paredzēts sākotnējais projekta termiņš. Pēc 2022. gada dati arī tika ievadīti sistēmā, bet tikai atsevišķiem partneriem, nevis tādā lielā apjomā, kā tas bija pirms tam.

Pie nepieciešamības analizēt viena gada pilno periodu, uzticami var analizēt tikai 2022. gadā sistēmā "Graudvedis" ievadītus datus.

Savukārt atsevišķiem uzņēmumiem pilno datu analīzi var veikt arī par 2023. un 2024. gadiem, kas ievērojami paplašina analizēto datu kopu.

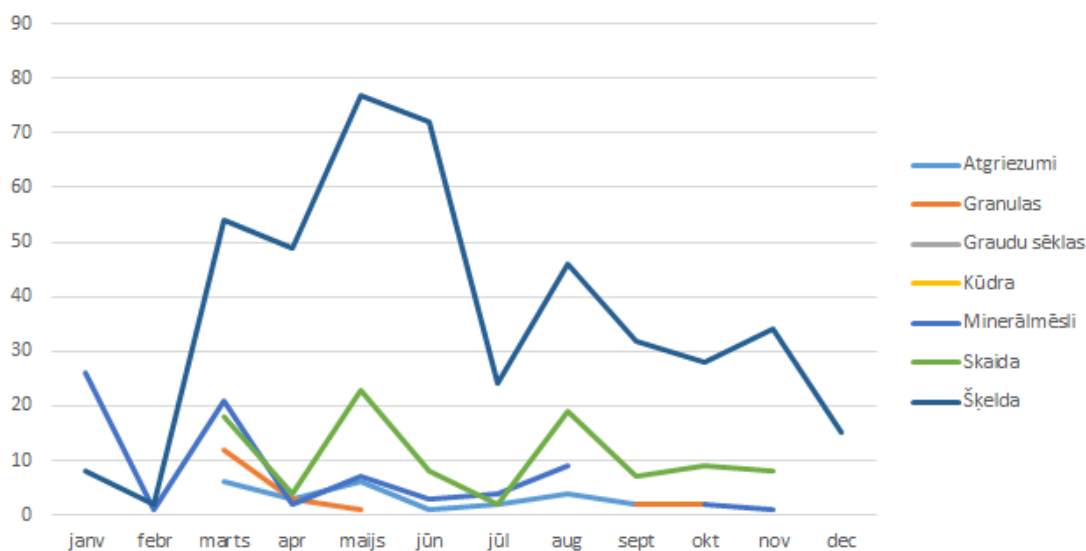
Galvenā lauksaimniecības produktu pārvadājumu īpašība ir ļoti izteikta sezonālītāte gan pārvadājumu struktūrā, gan atsevišķos pārvadājumu reisu īpašībās. Neatkarīgi no pārvadāto produktu tipa (ieskaitot arī citus lauksaimniecības produktu tipus, ne tikai graudus un minerālmēslus) diezgan izteikta sezonālītātē attiecas uz kopējo uzņēmumu veiktu reisu skaitu ikmēnesī, kur pašreiz savāktos datus būtiskais uzplaukums ir izdalāms tieši uz augusta-oktobra

periodu. Tā piemēram visvairāk ir ietekmēti **graudu pārvadājumi** ar izteikto piku augusta un septembra mēnešos (sk. 4.14. att.).



4.14. att. Reisu skaits pa preču grupām dažādos mēnešos

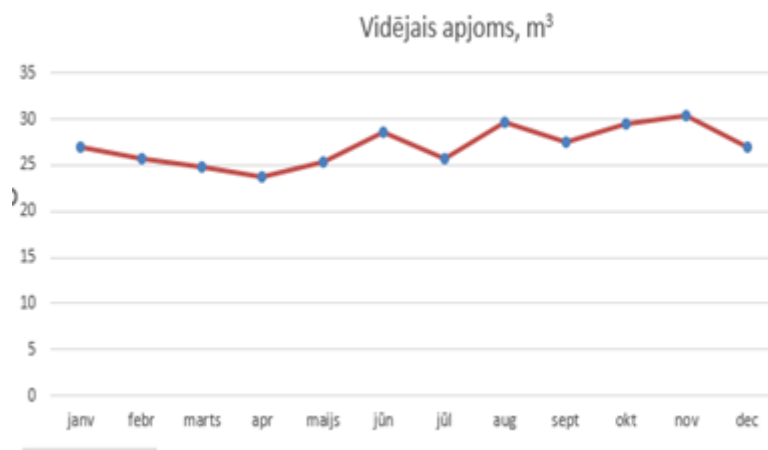
Līdzīgā veidā, izslēdzot graudu pārvadājumus no datiem, izteikta sezonālītātē ir arī pārējiem preču grupām, bet ar citu sadalījumu pēc mēnešiem (sk. 4.15. att.). Tā, piemēram, šķeldas un minerālmēsli pārvadājumiem ir lielāks pieprasījums pavasara mēnešos, bet skaidai vasaras mēnešos.



4.15.

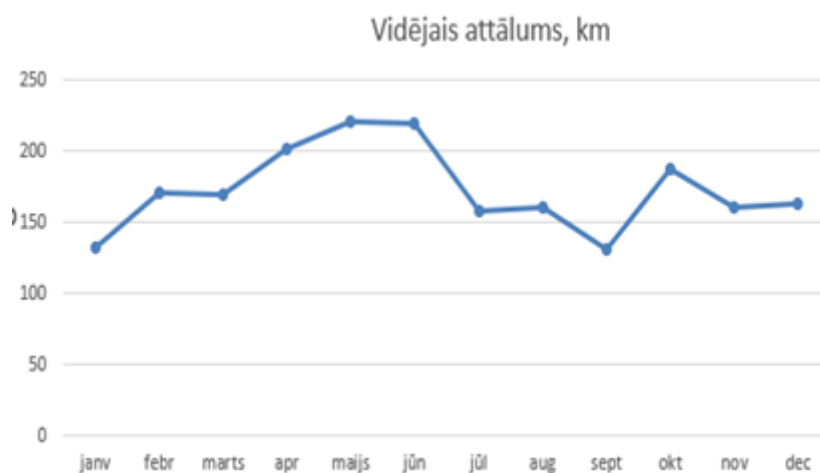
att. Reisu skaits pa preču grupām dažādos mēnešos (bez graudiem)

Pašu lauksaimniecības produktu pārvadājumu struktūrai sezonālītāte nav tik izteiktā. Tā, salīdzinot vidēja reisa apjomu pa mēnešiem (sk. 4.16. att.) tas ir gandrīz neatkarīgs no sezonas, un ir tikai nedaudz mazāks pavasarī.



4.16. att. Vidēja reisa apjoma atkarība no mēneša

No īpaši izteiktiem reisa īpašību faktoriem var atzīmēt, ka aktīvajā lauksaimniecības produktu pārvadājumu sezonā (augusts-septembris), neskatoties uz lielāko pieprasījumu un slodzi ir arī īsāki maršruti (sk. 4.17. att.), nekā pārējā laikā. Šis fakts varētu būt izskaidrojams ar pārvadājumu maršrutu izmaiņu, kad ir lielāks pieprasījums pēc jaunas ražas izvēšanas no lauksaimniecībām uz tuvākiem elevatoriem. Pārējā gada laikā, kad pieprasījums pēc lauksaimniecības produktu (graudiem) izvēšanas ir mazs pārvadājumu uzņēmumi var atļauties veikt arī garākas piegādēs.



4.17. att. Vidēja reisa attāluma atkarība no mēneša

Salīdzinot lauksaimniecības produktu pārvadājumu uzkrāto datu kopskatu ar mežsaimniecības produktu pārvadājumu datiem var atzīmēt lielāko sezonālītātes ietekmi tieši uz lauksaimniecības produktu pārvadājumiem.

4.6. Iegūtie likumsakarību modeļi

Lai pamatotu pārvadājuma uzņēmuma analītisko un imitācijas modeļu ieejas datus pamatojoties uz projekta dalībnieku uzkrātiem datiem informācijas sistēmās ir izskatītas dažādas pieejas, kas varētu būt izmantojamas turpmākajai datu analīzei un apstrādei.

4.6.1. Mežsaimniecības un lauksaimniecības produktu pārvadājumos

Analizējot mežsaimniecības produktu pārvadājumu datus, ņemot vērā visā analizējama perioda iekļauto datu apjomu ir veikta precīzāko sakarību aprakstošo modeļu iegūšanā ar simboliskas regresijas rīku pielietošanu izmantojot ģenētiskas programmēšanas algoritmus. Tas būtu nepieciešams, lai būtu iespējams pareizi konfigurēt imitācijas modeļa (ja tas piemēram ir realizēts ar sistēmas dinamikas pieeju) iekšējos pārrēķinu koeficientus. Tā, piemēram, uz 4.18. attēla ir dots viens no automātiski iegūtām analītiskam modelim, kas ļauj noteikt pārvadājumu izmaksas atkarību no maršruta attāluma.

$$CostRoute = ((c_0 \cdot DistEmpty + DistEmpty \cdot DistEmpty \cdot c_1 + (DistEmpty \cdot DistEmpty \cdot c_2 + DistEmpty \cdot DistEmpty \cdot c_3 + c_4) \cdot (c_5 \cdot DistLoaded + c_6 \cdot DistEmpty) \cdot c_7 + c_8) + c_9)$$

$c_0 =$	0.038412
$c_1 =$	-0.0043948
$c_2 =$	0.054515
$c_3 =$	-0.054131
$c_4 =$	8.5021
$c_5 =$	1.2514
$c_6 =$	0.46965
$c_7 =$	0.081789
$c_8 =$	81.852
$c_9 =$	-2.7853E - 12

4.18. att. Viens no automātiski iegūtiem modeļiem kas apraksta pārvadājuma reisa izmaksas mežsaimniecības produktu pārvadājumos

Formulā 4.18. attēlā ir sekojoši apzīmējumi:

- *CostRoute* – reisa izmaksa, EUR
- *DistEmpty* – reisa tukšais attālums (bez kravas), km
- *DistLoaded* – reisa attālums ar kravu, km

Kā vel viens piemērs, ir apskatīta maršruta tukšā attāluma aprēķins balstoties uz citiem pieejamiem pārvadājumu skaitliskiem faktoriem. Analizējot vairākus eksperimentus tukšā attāluma aprēķinā iekļaujot visus datu kopā pieejamus kvantitatīvus faktoros, analizējot pieejamus datu ierakstus un sadalot tos 80% apmācības un 20% testēšanas kopā ir atklāts, ka vienīgais nozīmīgais faktors, kas ietekmē tukšo pārvadājuma attālumu ir tikai pārvadājuma maršruta attālums ar kravu. Ar programmatūru automātiski iegūtais simboliskais modelis formulas veidā ir attēlots 4.19. attēlā (apzīmējumi līdzīgi kā 4.18. att. formulā):

$$DistEmpty = (DistLoaded \cdot DistLoaded \cdot c_0 + DistLoaded \cdot DistLoaded \cdot c_1 + \log(c_2 \cdot DistLoaded) \cdot c_3 + c_4)$$

$$\begin{aligned} c_0 &= 0.00073704 \\ c_1 &= 0.00073704 \\ c_2 &= 0.0070498 \\ c_3 &= 15.898 \\ c_4 &= 63.413 \end{aligned}$$

4.19. att. Iegūts reisa tukšā attāluma aprēķins mežsaimniecības produktu pārvadājumos

Līdzīgā veidā analizējot projekta pieejamos lauksaimniecības produktu pārvadājumu datus ir noteikta mašīnas tukšā attāluma aprēķinu formulā lauksaimniecības produktu pārvadājumu gadījuma (sk. 4.20. att.), kas atšķiras produktu tipa pārvēšanas īpašību un maršrutu specifikas dēļ. Apzīmējumi 4.20. attelā līdzīgi kā 4.18. attelā.

$$DistEmpty = \left(\frac{(c_0 \cdot DistLoaded + c_1) \cdot (c_2 \cdot DistLoaded + DistLoaded \cdot \log(c_3 \cdot DistLoaded) \cdot c_4) \cdot c_5}{\log(c_6 \cdot DistLoaded)} + c_7 \right)$$

$$\begin{aligned} c_0 &= 0.60202 \\ c_1 &= 16.54 \\ c_2 &= 1.7808 \\ c_3 &= 0.37996 \\ c_4 &= -0.39914 \\ c_5 &= 0.14412 \\ c_6 &= 1.4885 \\ c_7 &= 17.37 \end{aligned}$$

4.20. att. Iegūts reisa tukšā attāluma aprēķins lauksaimniecības produkta pārvadājumos

Līdzīgā veidā ir iegūti arī parēji analītiski izteikti simboliskas regresijas modeli, lai būtu iespējams nokonfigurēt arī pārejos sistēmu dinamikas modeļa starpvērtību aprēķinus.

Kā vienu no iespējamiem trūkumiem pašreizējai datu analīzei varētu minēt būtisko ekonomisko faktoru izmaiņu pēdējos projekta gados (2022.-2023.), kas varētu ietekmēt secinājumus un analīzes rezultātus. Tirgus faktoru ietekme varēja būtiski mainīt izpildāmo reisu specifiku, apjomu un cenas.

4.6.2. Pārvadājumiem ar puspiekabi atbilstošai smagsvara pārvadājumiem

Specializēta puspiekabe atbilstoša smagsvara pārvadājumiem un to pielietošana praksē ir analizēta projekta ietvaros atsevišķi. Kā bijā minēts iepriekš, tādā puspiekabe ļautu

lauksaimniecības nozares transporta uzņēmumiem efektīvāk izmantot savus vadītājus un vilcējus pielietojot tos mežsaimniecības produktu pārvadājumos.

Lai pamatotu tādas piekabes datu aprēķinu uzņēmuma transporta modelī, ir veikta trūkstošo datu likumsakarību analīze atbilstošiem savāktiem datiem pielietojot simboliskas regresijas analīzi, veicot to ar ģenētiskas programmēšanas palīdzību. Analīzes rezultātā ir noteiktas atbilstošas datu likumsakarības, kas varētu būt aprakstītas matemātisko formulu veidā. Tā, piemēram, ja ir zināms reisa iekrautas mašīnas attālums, tukšo attālumu var prognozēt balstoties uz formulu (4.21. att.):

$$DistEmpty = (c_0 \cdot Loading + c_1 \cdot Transfer + DistLoaded \cdot \log(c_2 \cdot SUM) \cdot c_3 + \log(c_4 \cdot DistLoaded) \cdot c_5 + \log(c_6 \cdot DistLoaded) \cdot c_7 + c_8)$$

$c_0 =$	-0.31087
$c_1 =$	0.89442
$c_2 =$	0.1995
$c_3 =$	0.3678
$c_4 =$	1.2326
$c_5 =$	6.0943
$c_6 =$	1.1162
$c_7 =$	5.8392
$c_8 =$	-19.881

4.21. att. Reisa tukša attāluma prognozēšana sastāvam ar *puspiekabi atbilstošai smagsvaru pārvadājumiem*

Formulai 4.21. attēlā ir sekojoši apzīmējumi:

- *DistEmpty* – reisa tukšais attālums (bez kravas), km
- *DistLoaded* – reisa attālums ar kravu, km
- *Loading* – iekraušanas laiks, min
- *Transfer* – dokumentu apstrādes laiks, min
- *SUM* – reisa visas kravas apjoms, neatkarīgi no produktu tipa, m³

Savukārt, veicot izmaksu aprēķinu analīzi pamatojoties uz simboliskās regresijas analīzes datiem, likumsakarība, kas apraksta reisa viena kilometra izmaksas ir izteicama ar sekojošo formulu (sk. 4.22. att.):

$$CostKmLoaded = \left(\frac{(c_0 \cdot DistEmpty + \log((c_1 \cdot DistLoaded + c_2 \cdot DistEmpty)) \cdot (c_3 \cdot SUM + c_4 \cdot Loading) \cdot c_5 + \frac{1}{DistLoaded \cdot DistLoaded \cdot c_7} + \frac{1}{c_9 \cdot DistLoaded})}{c_{10} \cdot DistLoaded} + c_{11} \right)$$

$c_0 =$	2.0921
$c_1 =$	115.18
$c_2 =$	933.16
$c_3 =$	0.14898
$c_4 =$	0.054568
$c_5 =$	3.1861
$c_7 =$	0.0078925
$c_9 =$	-0.0096059
$c_{10} =$	1.7993
$c_{11} =$	0.94183

4.22. att. Izmaksu par kilometru aprēķins *analizējamās puspiekabes* pielietošanas gadījumā

Kur:

- *CostKmLoaded* – reisa izmaksas par kilometru, uz veikto attālumu ar kravu, EUR/km
- *DistLoaded* – reisa attālums ar kravu, km
- *Loading* – iekraušanas laiks, min
- *SUM* – reisa visas kravas apjoms, neatkarīgi no produktu tipa, m³

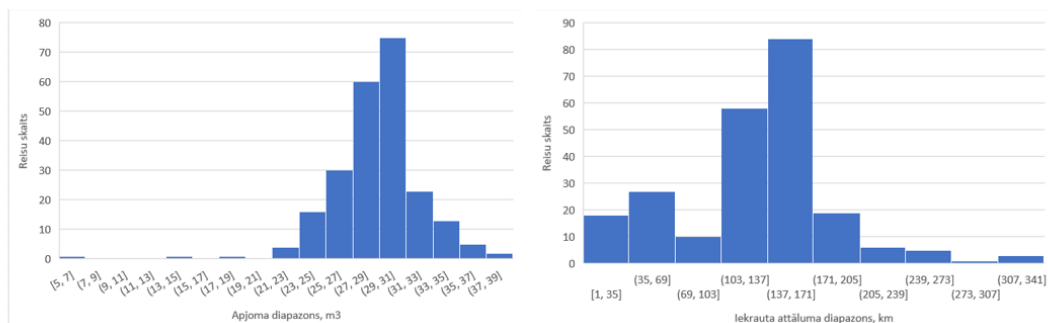
Bez attāluma izmaksām datu analīze var piedāvāt arī izmaksu par pārvadāta apjoma vienību m³. Pamatojoties uz datu analīzi, tāda formula (*CostM3*) balstās uz tukšo (*EmptyDistance*) un iekrauto (*LoadedDist*) maršrutu attālumu kilometros, ka arī uz iekraušanas (*Loading*) un dokumentu apstrādes laikiem (*Transfer*) minūtēs, ka arī uz kopējo pārvadāto preču apjomu kubikmetros (*SUM*) (4.23. att.):

$$CostM3 = \left(\frac{(c_0 \cdot DistLoaded + c_1 \cdot DistEmpty + c_2 \cdot Loading + c_3 \cdot Transfer + \frac{1}{c_5 \cdot SUM} + c_6)}{c_7 \cdot SUM} + c_8 \right)$$

$c_0 =$	-0.1011
$c_1 =$	-0.11533
$c_2 =$	-0.11086
$c_3 =$	-0.23231
$c_5 =$	0.016339
$c_6 =$	-14.941
$c_7 =$	-0.094024
$c_8 =$	-2.446

4.23. att. Izmaksu par m³ aprēķins reisam *analizējamās puspiekabes* pielietošanas gadījumā

Analizējot *puspiekabes smagsvaru pārvadājumiem* pielietošanu var izdalīt tai raksturīgo specifiku, piemēram atbilstošo pārvadājumu apjoma (sk. 4.24. att.) un attāluma faktoru gadījumlielumu sadalījumus. Tā ir noteikts, ka šiem gadījumlielumiem piemīt liela izkliede.

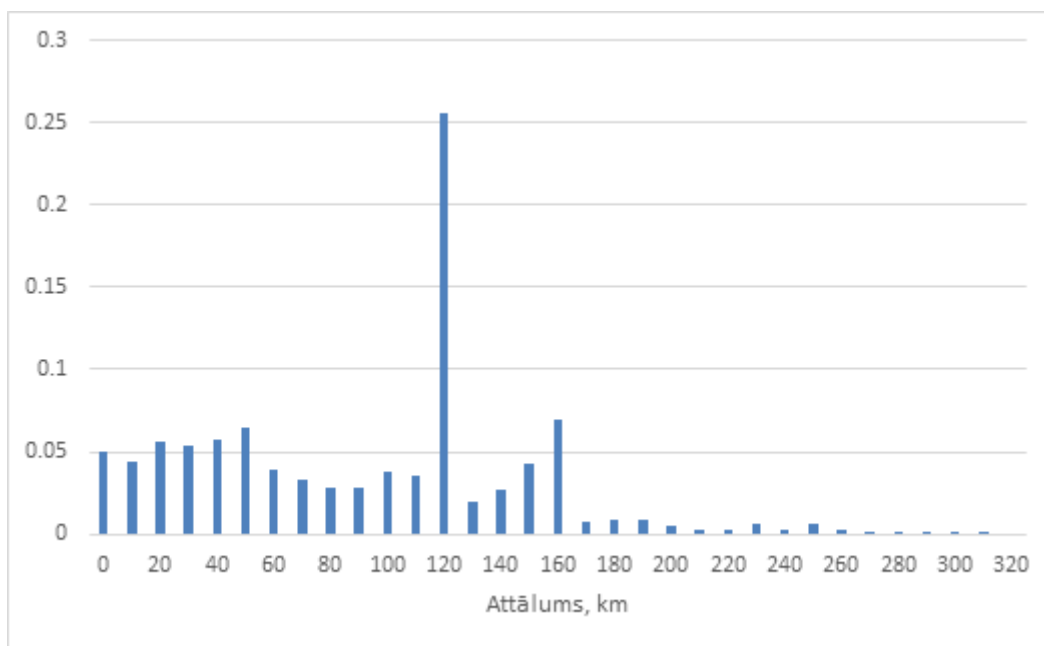


4.24.

att. *Analizējamās puspiekabes pārvadājumu attālumu un apjomu empīriskie gadījumlielumu sadalījumi*

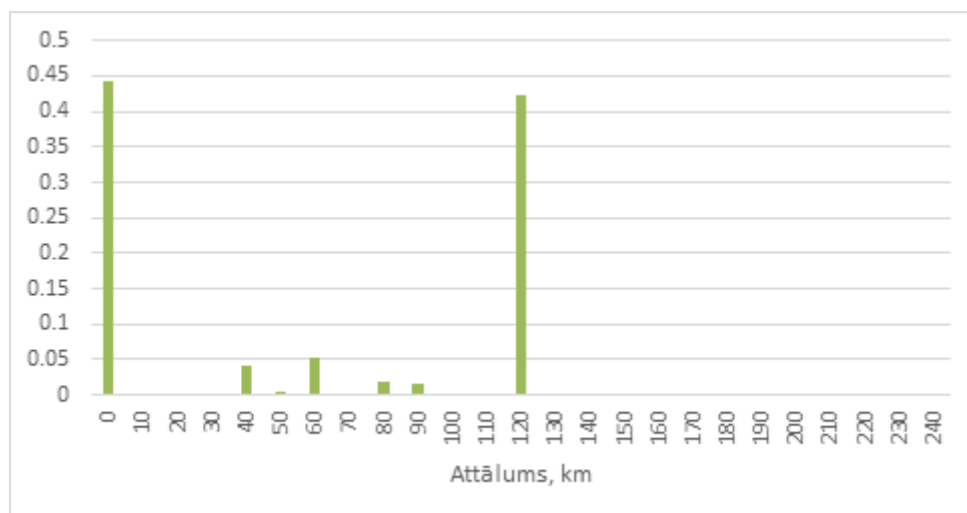
4.7. Pārvadājumu datu varbūtiskais raksturs

Priekš imitācijas modeļa izstrādes ir nepieciešams precizēt pārvadājumu stohastisko ieejas datu katra ietekmējošā faktora gadījumsadalījumu veidus un īpašības. Veikta analīze parāda diezgan sarežģītu gadījumlielumu empīrisko sadalījumu raksturu. Tā piemēram, analizējot iespējamo pārvadājuma “maršruta attāluma ar kravu” gadījumlieluma varbūtības blīvuma funkciju mežsaimniecības produktu pārvadājumos (sk. 4.25. att.) var noteikt, ka diezgan liela maršruta daļa ir ar garumu ap 120 km, bet pārējo maršrutu iespējami attālumi ir diezgan vienmērīgi sadalīti iespējamo vērtību intervālā.



4.25. att. *Pārvadājumu attālumu empīriskā sadalījuma blīvuma funkcija mežsaimniecības produktu pārvadājumos*

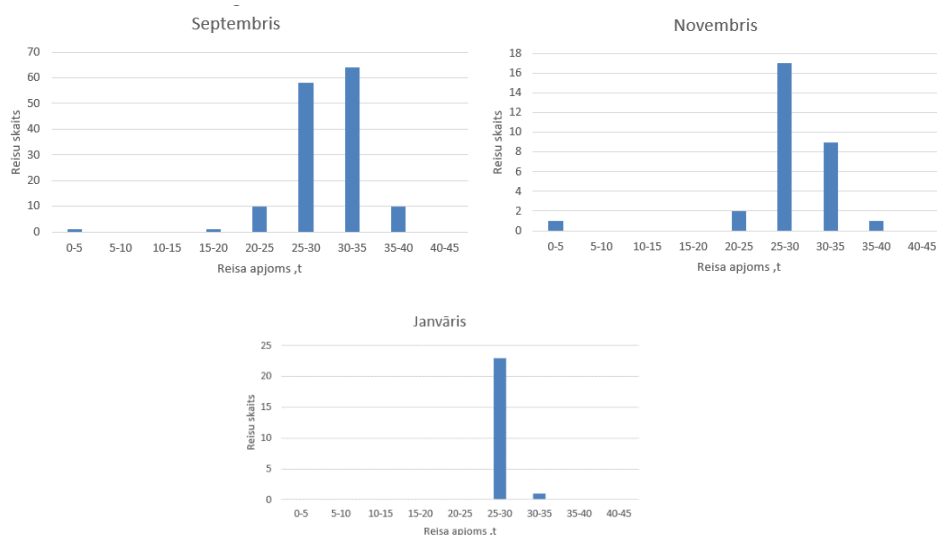
Līdzīga veidā ir veiktas analīzes arī lauksaimniecības produktu pārvadājumiem (sk. 4.26. att.), kur nelielas datu kopas un mazo iesaistīto uzņēmumu dēļ pārvadājumu maršrutu attāluma blīvuma funkcijai ir vēl sarežģītāks raksturs:



4.26. att. Pārvadājumu attālumu empīriskā sadalījuma blīvuma funkcija lauksaimniecības produktu pārvadājumos

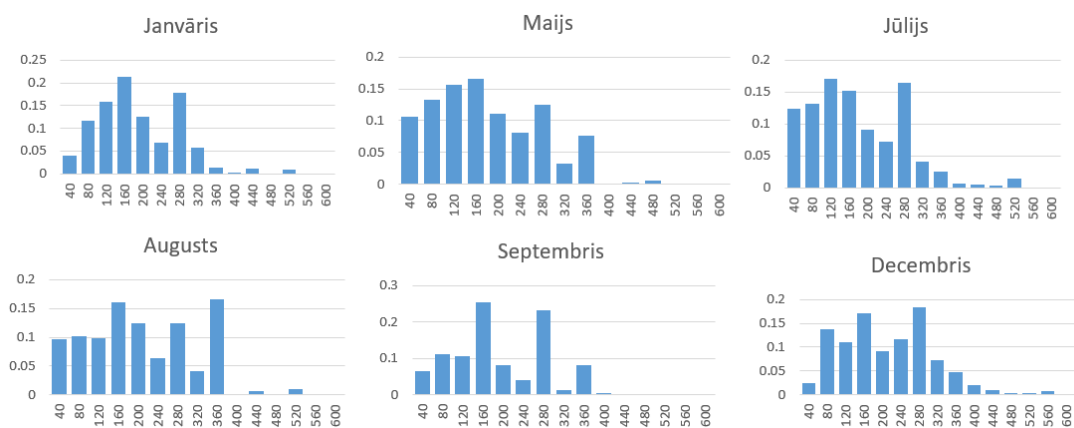
Turpmākai ietekmējošo faktoru varbūtības sadalījumu atbilstošo matemātisko modeļu noteikšanai ir paredzēts specializēto blīvuma funkcijas analīzes programmatūras rīku pielietošanā, tādu kā Stat::Fit. Atbilstoši iegūtus sadalījumus būs iespējams padot un ieprogrammēt kā ieejas datus pārvadājumu diskrētu notikumu imitācijas modelim.

Savukārt, turpinot kopumā analizēt lielāka apjoma datus par pārvadājumiem, var minēt, ka būtu vēlams ņemt arī reisu apjoma sadalījumu, atkarīgo no mēneša vai sezonas. Tā, piemēram, analizējot faktiski izpildīto reisu apjomu pēc gaudiem, var redzēt, ka, kaut gan var noteikt kopējo reisa sadalījumu uz visu gadu, katrā mēnesī šis sadalījums varētu būt atšķirīgs. Tā salīdzinot šo iespējamo vērtību sadalījumu pēc atsevišķiem mēnešiem (sk. 4.27. att.), var mainīties arī vidēja reisa apjoms, kas ir lielāks rudens sākumā, un ir mazāks ziemā. Līdzīgi arī viena reisa apjoma izkliede ir lielākā rudens reisiem, kad ir lielāks kopējo pārvesto graudu apjoms.



4.27. att. Reisu apjomu sadalījumus graudu pārvadājumiem atkarībā no mēneša

Vērtējot sezona faktora ietekmi uz pārvadājumu sadalījumu ir jāatzīmē ka pārvadājumu raksturīpašībām piemīt ne tikai vien stohastiskais raksturs, bet arī šo gadījumi lielumu varbūtības sadalījumi un to īpašības (piemēram, matemātiskā cerība) ir atkarīgas no analizēta mēneša. Tā piemērām mežsaimniecības pārvadājumos ziemas sezonā lielākā varbūtībā ir pārvadājumiem ar lielākiem attālumiem. Savukārt vasaras sezonā ir lielāka vērtību izkliede kas varētu būt izskaidrojams ar sporādiskākiem pārvadājumiem (sk. 4.28. att.):

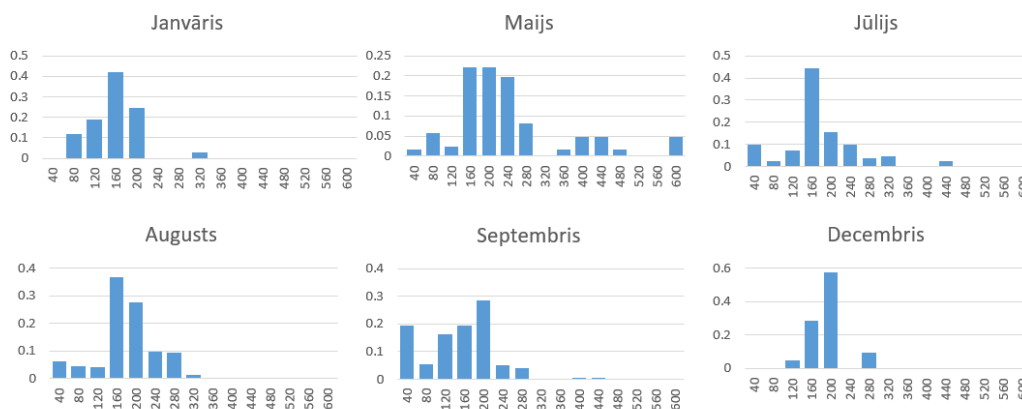


4.28.

att. Mežsaimniecības produktu pārvadājumu attālumu varbūtības atkarība no mēneša

Līdzīga veidā arī lauksaimniecības produktu pārvadājumos pastāv savas atkarības no sezona. Tā maksimāla lauksaimniecības produktu pārvadājuma sezonai piemīt īsāki maršruti ar vienu un to pašu attālumu, bet ārpus piķa pārvadājumu sezona ir lielākā izkliede starp reisu attālumiem (sk. 4.29. att.). Tas varētu būt pamatots ar to, ka piķa sezona ir noteikti maršruti (piemēram, starp vākšanas vietu un elevatoru, vai elevatoru un ostu), savukārt pārējā laikā ir

iespējami sporādiskie ļoti neviendabīgi pārvadājumi.



4.29.

att. Lauksaimniecības produktu pārvadājumu attālumu varbūtības sadalījumi atkarība no mēneša

Novērtējot datu gadījumlielumu raksturīpašības ir noteikts, ka modelējot pārvadājumus ir jānoteic gadījumlielumu sadalījumu raksturu un to raksturojošas īpašības.

4.8. Modeļa ieejas datu saskaņošana

Pilnveidojot projekta izstrādājamo pārvadājumu uzņēmumu modeli tika konstatēts, ka pašreizēji datu vākšanas mehānismi neatbalsta pilno nepieciešamo ieejas datu savākšanu pārvadājumu uzņēmumu adekvāto ekonomisko modeļu izstrādei. Kaut gan projekta paredzēta datu vākšana un uzkrāšana specializētas informācijas sistēmas piedāvā diezgan daudz informācijas par pārvadājumiem, ko varētu analizēt, tomēr tajā nav iekļauti daži svarīgie aspekti, tādi kā aktuālas darbaspēka un transportlīdzekļu izmaksas, u.tml.

Modeļa trūkstošo ieejas datu pilnveidošanai ir izstrādātā sekojoša zemāk aprakstītā stratēģija. Ieejas datu sagatavošanai būs pielietoti sekojoši datu avoti atbilstoši prioritātei atkarība no to pieejamības:

1. Liela apjoma dati no projekta dalībnieku izmantotiem informācijas uzglabāšanas sistēmām un to datizraces analīzes rezultāti
2. Anketēšanas rezultātā savāktie statistiskie dati par uzņēmumu darbību
3. Nozares uzņēmumu ekspertu novērtējumi
4. Literatūrā un atklātos avotos pieejami dati

Lai veiktu trūkstošo vēsturisko un statistisko datu iegūšanu no projekta partneriem, kuri vēsturiski nodarbojas ar lauksaimniecības produktu pārvadājumiem, ir izstrādāta un saskaņota datu ievades anketa uzņēmumu grāmatvežiem un vadībai uzņēmumu esošo un vēsturisko

ekonomisko faktoru novērtēšanai.

Līdzīga uzņēmumu aptaujas anketa ir specificēta arī mežsaimniecības uzņēmumu statistisko datu ieguvei, bet ņemot vērā to specifiku, un ņemot vērā lielāko pieejamo datu apjomu no mežsaimniecības uzņēmumu uzskaites sistēmas. Tādā veidā iegūti ekonomisku faktoru ietekmējošo uzņēmumu dati tiks apstrādāti un izmantoti pamatotai modeļa izstrādei.

Pārējo trūkstošo ieejas datu iegūšanai ir paredzēts piesaistīt projekta partneru uzņēmumu ekspertus kas varētu veikt modeļa korektu validāciju un atbalstīt precīzāku modeļa izveidošanu.

4.8.1. Datu audzēšana trūkstošiem datiem

Projektā piedāvāta pētījumu metodoloģijā atbilstošo tehniski-ekonomisko modeļu izstrādei un pielāgošanai prasa datu analīzi un datu ieguvei (angl.: *Data Mining*) balstoties uz mežsaimniecības nozares komercuzņēmumu pārvaldījumu smalki detalizētiem datiem. Tāda datu ieguve ļautu veidot precīzus modeļus balstoties uz iegūtām likumsakarībām. Diemžēl projekta gaitā tādu datu iegūšanai un savākšanai bijā zināmas grūtības kas aizkavēja turpmāko modeļu izstrādi. Kā risinājums pie ilgstoša datu trūkumā ir piedāvātā ieejas datu sintezē. Zinātniskā literatūrā [14] ir piedāvātas metodes tādu datu sintētiskai iegūšanai, kas saucas datu audzēšana (angl.: *Data Farming*). Datu audzēšana ir pretējais process datu ieguvei un tiešā veidā no pirmsākumiem ir paredzēta datu sintētiskai ģenerēšanai priekš izstrādājamo modeļu analīzes, izpētes un eksperimentālas prototipēšanas.

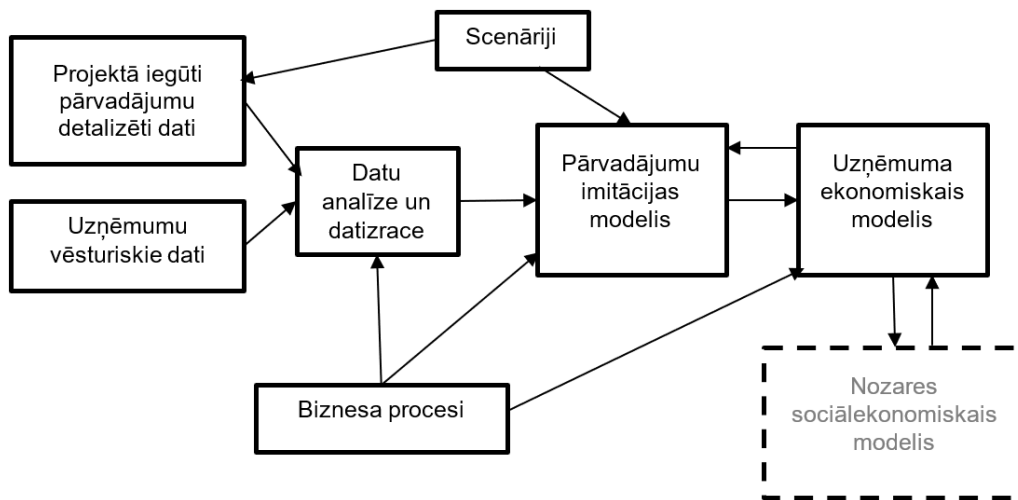
Turklāt tādu datu audzēšanas metožu pielietošana iekļaujas piedāvātas kopējas metodoloģijas posmā „Pārvaldījumu organizēšanas eksperimentu scenāriji”. Datu audzēšanu pie noteiktiem nosacījumiem būtu iespējams izmantot plānojot eksperimentālus scenārijus un piedāvājot datus tādu scenāriju veidošanā.

Kaut gan piedāvātā datu audzēšanas izmantošana ļaus atvieglot modeļu izstrādi datu trūkuma apstākļos, uz tādiem datiem nevarētu pamatot galā modeļus, jo sintētiskie dati kopējā metodoloģijā pie praktiskas pielietošanas spēs radīt tikai sintētiskus modeļus.

5. MODELĒŠANA UN REZULTĀTU ANALĪZE

5.1. Prototipa konceptuāla modeļa izstrāde

Ir izstrādāts kopējais analizējamās sistēmas konceptuālais modelis, kas tiks izmantots par pamatu imitācijas modeļa izstrādei turpmākajos projekta posmos. Modeļa izstrādei ir veikta mūsdienu imitācijas modelēšanas pieeju izpēte transporta sistēmās. Kopējā sistēmas konceptuālā modeļa struktūra ir piedāvāta 5.1. attēlā. Turpmākajos projekta posmos kopējam modelim ir paredzēta atbilstošo apakšelementu konceptuālo modeļu izstrāde.



5.1. att. Modelējamas sistēmas iekšējās mijiedarbības konceptuālais modelis

Izstrādātais konceptuālais modelis paredz diskrētu-notikumu imitācijas modeļus mežsaimniecības un lauksaimniecības produktu pārvadājumu uzņēmuma procesu modelēšanai. Uzņēmuma ekonomisko rādītāju modelēšanai ir paredzēts lietot analītisku vai sistēmas dinamikas modeli, kas būs cieši integrēts ar pārvadājumu biznesa procesa modeli. Turpmāk uzņēmuma ekonomisko modeli varētu vispārināt uz kopējo nozares sociālekonomiskās sistēmas vispārināto modeli, lai attēlotu jaunievesto organizēšanas un plānošanas procesu ietekmi uz ekonomiskajiem rādītājiem ne tikai uzņēmumu līmenī bet arī globālākā kontekstā.

5.2. Transporta uzņēmuma modeļa teorētiskais pamatojums

Atbilstoši projekta ietvaros piedāvātai metodoloģijai, viens no svarīgiem datu analīzēs posmiem ir datormodeļu izstrāde transporta uzņēmumu procesu modelēšanai un novērtēšanai.

5.2.1. Modelēšanas metožu pamatojums

Veicot izstrādājamā imitācijas modeļa papildināšanu un pilnveidošanu, ir veikta transporta uzņēmumu modeļu izstrādes labo prakšu izpēte. Kopumā no plaša literatūras apskata par kravas transporta uzņēmumu ekonomisko modelēšanu var atzīmēt, ka publicētie zinātnieku pētījumi pietiekami maz koncentrējas tieši uz kopējiem ekonomiskiem aspektiem transporta uzņēmuma modelēšanā un vairāk koncentrējas uz konkrēto uzņēmumu biznesa procesu imitēšanu. Apskatot tikai mežsaimniecības vai lauksaimniecības produktu pārveidojumu nozari, tādi modeļu detalizēti piemēri ir vēl mazāk sastopami.

Zinātniskā literatūrā tādu problēmu modelēšanai bieži pielieto analītiskus modeļus, tādus ka matemātiskie modeļi, lineārā programmēšana [8, 10] vai sistēmu dinamika [12]. Aptverošie pētījumi par kravas transporta uzņēmumu modelēšanu [39, 40] piedāvā līdzīgu uzņēmumu mikro modelēšanu ar augstu detalizāciju, balstoties uz mūsdienās populāro aģentos balstītu modelēšanu. Tomēr tik detalizēta modeļu realizācija projekta ietvaros nav paredzēta, tos var pielietot kopējā metodikā ierobežotā apjomā, jo bieži prasa papildus rīkus to imitācijai.

Esošos pētījumos ir aplūkotas arī preču piegādes sadalīšana starp dažādiem piegādātājiem un to modelēšanas iespējas [41], bet tās ir apskatītas ārpus šī projekta mērķa, kaut gan daži paņēmieni varētu būt izmantoti arī projektējamā modelī. Vairāki pētījumi kravu transporta modelēšanā koncentrējas arī uz drošu piegādi [11, 40, 42] un piegādes risku mazināšanu [43].

Līdz ar to, ka pirmkārt projekta izstrādāti modeļi tiks izmantoti novērtēšanas nolūkos (kaut gan, turpmāk tos vārētu un būtu nepieciešams izmantot arī optimizācijas nolūkos), lielāks uzsvars modelēšanas metodes izvēlē ir uzlikts uz modeļa lasāmību un modeļa vienkāršo realizāciju. Tāpēc, turpmāk ir veikta izvēle prioritārai modelēšanai ar sistēmu dinamikas pieeju, kur ir iespējams uzskatāmā veidā attēlot sistēmas struktūru un faktoru ietekmi uz uzņēmuma atslēgas radītājiem. Turklāt sistēmu dinamikas pieeja ļaus attēlot uzņēmuma procesu dinamiku, un pamatā būs matemātiskie modeļi.

Kā transporta uzņēmuma modeļa izstrādes labo prakšu piemērus var izskatīt un piemērot modeļus vai to daļas, kas ir izskatītas avotos [7, 8, 45]. Kaut arī šie modeļi ir izstrādāti ar šo projektu nesaistītiem mērķiem, tie satur komponentes un daļas, kas pēc projektā apskatīto biznesa procesu pārveidošanas un precizēšanas varētu būt izmantojamas turpmākajai izstrādei.

Līdz ar to var secināt, ka transporta uzņēmuma ekonomiskā modeļa turpmāka pilnveidošana kopējās metodikas atbalstam būs pietiekami liels izaicinājums. Šo izaicinājumu pārvarēšanai var palīdzēt partneru pilno datu visaptveroša analīze un matemātisko sakarību

iegūšana no šīs analīzes, kā arī būs nepieciešams detalizēti specificēt metodikā apskatītos un pētītos biznesa procesus. Precizējot saites un likumsakarības modeļa struktūrā, ka arī pielāgojot matemātiskas sakarības struktūrā turpmākā modeļa precizēšanā būtu nepieciešams izmantot piedāvātas metodoloģijas datu apstrādes un datu ieguves rezultātus balstoties uz ieejas datiem iegūtiem no pārvaldājumu komercuzņēmumiem.

Turpmāk, pārveidojot sistēmas dinamikas modeli uz tīru matemātisko modeli būs iespējams risināt arī optimizācijas uzdevumus izstrādājot atbilstošus optimizācijas modeļus.

5.2.2. Modelējamie faktori

Modeļa izstrādei ir veikta mežsaimniecības un lauksaimniecības pārvaldājumu procesu uzraudzības tehnoloģijas analīze un šo procesu digitalizācijas pieeju un labāko prakšu analīze un izpēte, kas ir aprakstīta iepriekšējās sadaļās. Balstoties uz šo analīzi ir izvirzīti uzņēmējdarbības faktori kas ir jāiekļauj modelī, tādi kā:

- Uzņēmuma lielums
- Darbinieku algas
- Uzņēmuma ģeogrāfiskas izvietojuma specifika
- Vilcēju un piekabju izmaksas un amortizācija
- Tehnikas apkopes un remonta izmaksas
- Pārvaldājamās kravas sezonālās specifika
- Degvielas patēriņš
- Pārvaldājumu maršrutu struktūra

Izstrādātajam modeļa prototipam balstoties uz augstāk minētiem faktoriem un kritērijiem ir jāveic adekvāto ienākumu, tiešo un netiešo izdevumu un resursu noslodzes aprēķinu. Pašlaik izstrādātais prototips balstās uz analītiskas modelēšanas pieejām lai būtu iespējams ērtākā veidā interpretēt iepriekšēja posma datu analīzes rezultātus. Pārvaldājumu procesu faktoru ietekmē ir modelēta ar imitācijas modeļa pieeju.

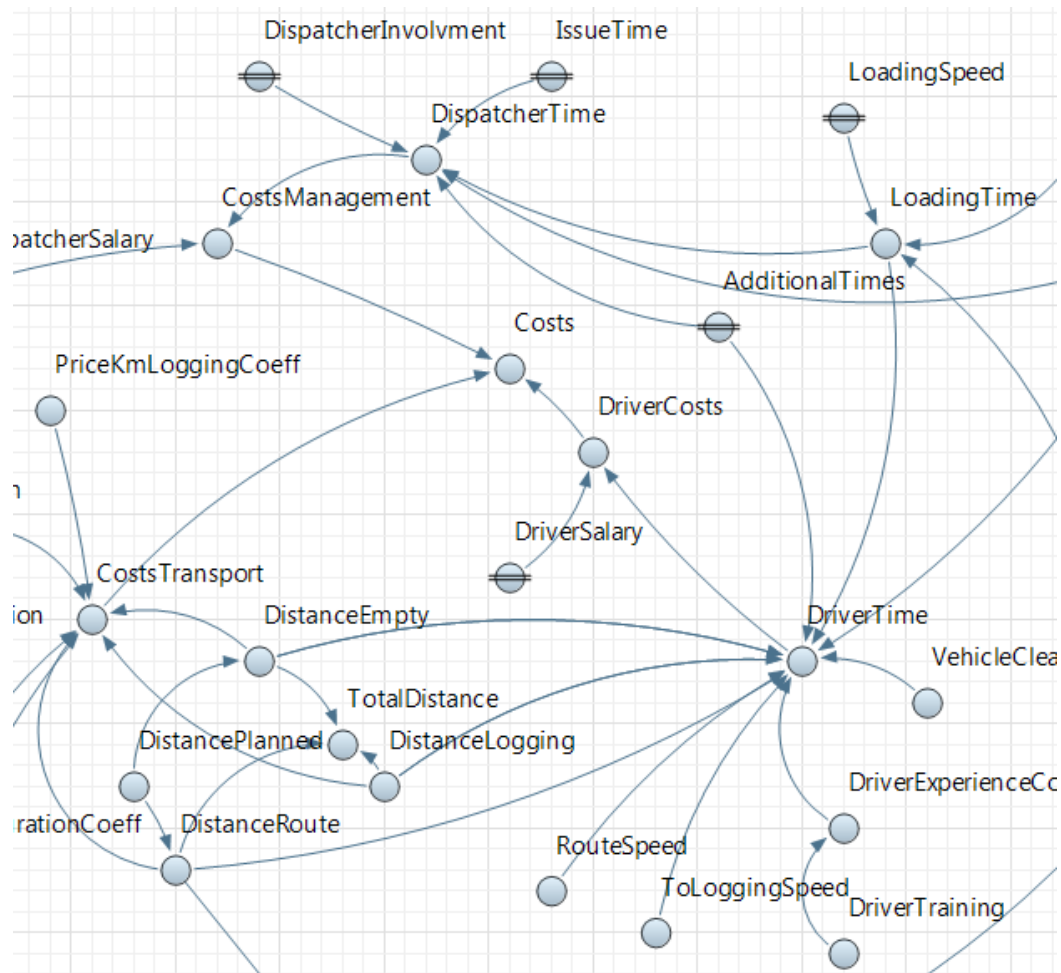
5.3. Imitācijas modeļa prototipa struktūra

5.3.1. Sistēmu dinamikas modeļa izstrāde

Par pamatu izstrādājamai modeļa sagatavei ir veikta saišu nodrošināšana starp plānotiem ieejas datu faktoriem un potenciāliem uzņēmuma darbības rādītājiem. Pētījumā sagatavota modeļa prototipa daļā ir piedāvāta uz 5.2. attēlā.

Izstrādātais prototipu ir iespējams pilnveidot sekojošā veidā:

- Pievienot modelim papildus ekonomiskus faktorus;
- Pievienot modelim papildus ieejas datu mainīgus ar atbilstošiem sakariem;
- Pielāgot iekšējas likumsakarības atbilstoši empīriskiem;
- Veikt modeļa validāciju piesaistot nozares ekspertus.



5.2. att. Pārvadājumu uzņēmuma sistēmu dinamikas modeļa sagatave (daļa)

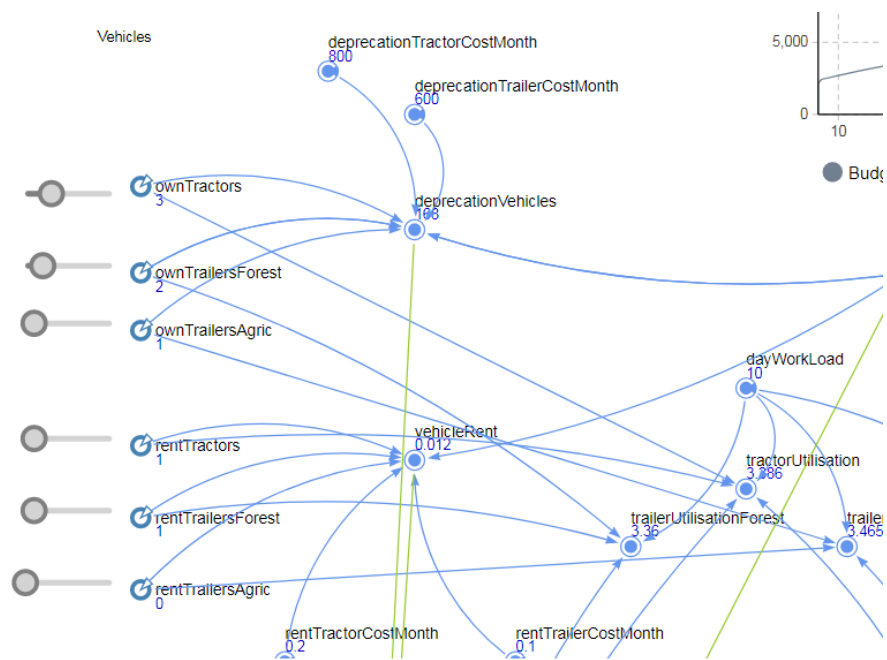
Ņemot vērā ekonomiskus faktorus un problēmsfēras biznesa procesus ir būtiski pilnveidots un papildināts pārvadājuma uzņēmuma sistēmu dinamikas modelis. Modeļa kopskats ir aplūkojams uz 5.3. att.:



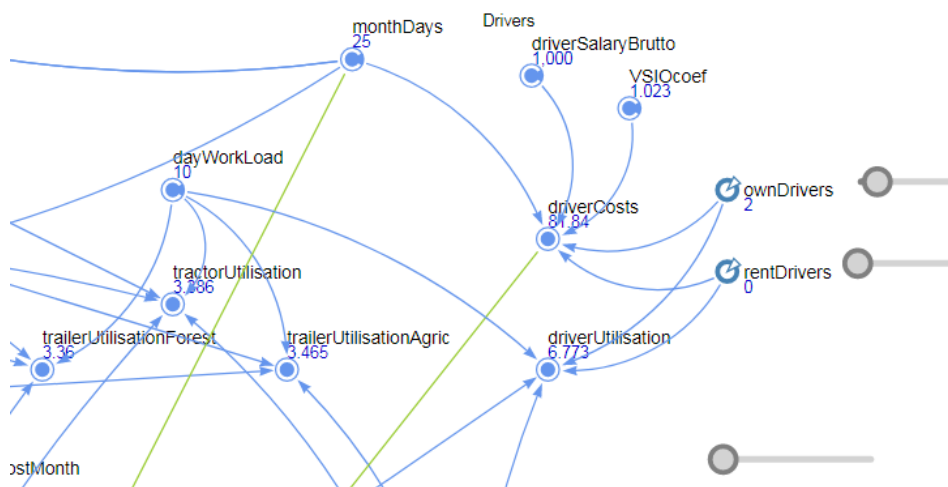
5.3. att. Sistēmu dinamikas modeļa kopējais izskats

Izstrādāta sistēmu dinamikas modeļa mērķis ir pārvaldījuma uzņēmuma gan ekonomisko faktoru aprēķins gan uzņēmuma resursu faktiskas noslodzes aprēķins. Izstrādātais modelis paredz ka uzņēmums var izmantot gan īpašumā esošus vilcējus un piekabes, gan īrētus transportlīdzekļus. Atbilstoši piekabes sadalās pēc pārvaldājamas kravas tipa – priekš mežsaimniecības un priekš lauksaimniecības kravām atsevišķi (sk. 5.4. att.). Atbilstošus parametrus modeļa lietotājam būs iespēja rediģēt patstāvīgi.

Līdzīgā veidā kā ieejas parametrus ir iespējams norādīt arī uzņēmuma strādājošo vadītāju skaitu (sk. 5.5. att.). Uz 5.5. att. arī ir parādīta gan vadītāju gan transportlīdzekļu noslodzes aprēķina daļa balstoties uz ievadītiem uzņēmuma datiem un aprēķināto transportlīdzekļu izmantošanu:

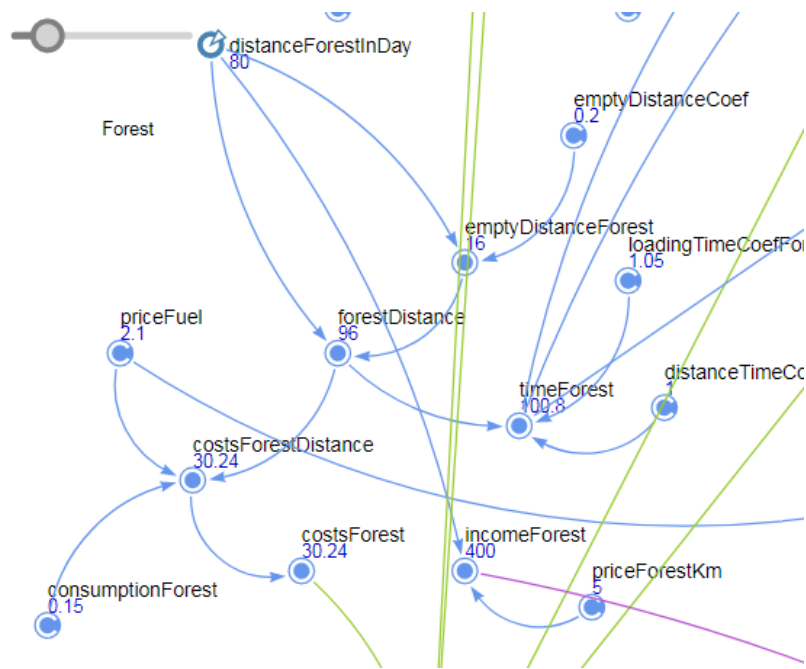


5.4. att. Transportlīdzekļu parametru uzstādīšana un transportlīdzekļu pastāvīgo izmaksu aprēķins



5.5. att. Uzņēmuma darbaspēka uzstādīšana un resursu noslodzes aprēķins

Pati transportlīdzekļu biznesa procesu detalizētais aprēķins ir veikts sadalot atbilstošas izmaksas un raksturlielumus uz mežsaimniecības krāvu pārvadājumu procesu un lauksaimniecības pārvadājumu procesu atsevišķi. Katrā minētajā apakšprocesā ir noteiktas atbilstošas izmaksas un uzstādīti atbilstoši, iegūstamie no analizējamiem uzņēmumu datiem, pārrēķinu koeficienti. Mežsaimniecības krāvu pārvadājumu procesu aprēķins ir attēlots 5.6. att.:

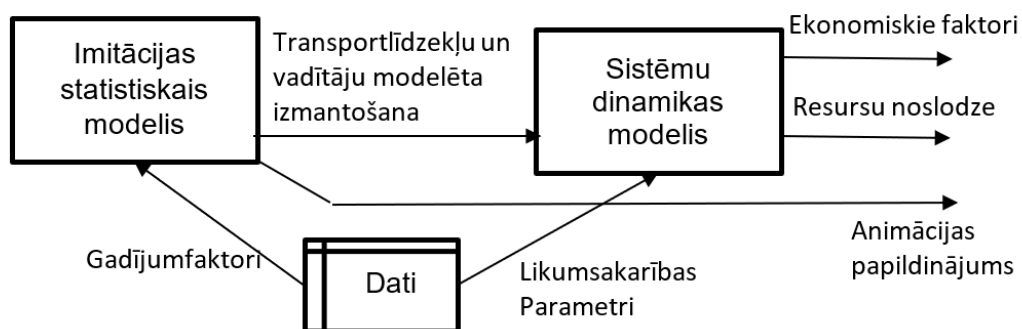


5.6. att. Mežsaimniecības produkcijas pārvadājumu detalizēts aprēķins

Modeļa prototips ir verificēts ar inženierekonomikas ekspertiem. Turpmāka modeļa attīstībai un praktiskai lietojamībai ir nepieciešams precizēt un pilnveidot biznesa procesu attēlošanu izstrādājama modelī.

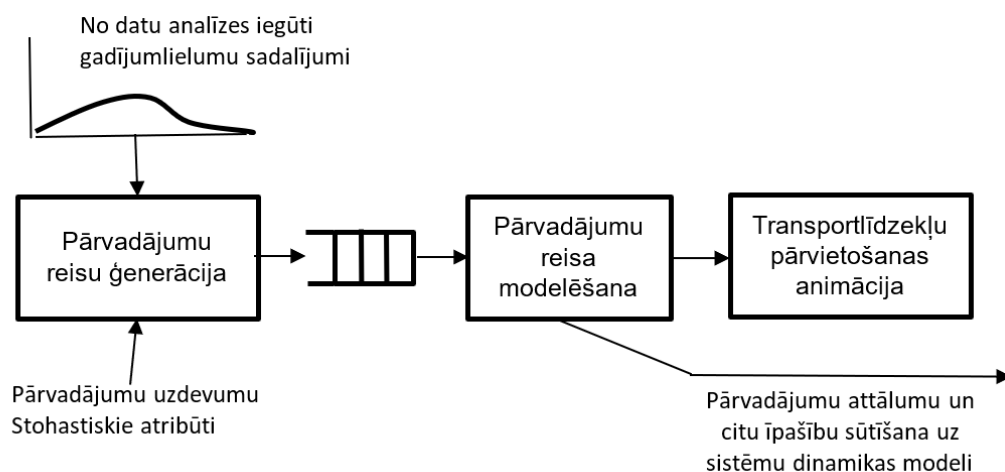
5.3.2. Modeļa papildinājums varbūtiskiem procesiem

Par būtiskiem analītiskā modeļa trūkumiem var minēt, ka patreiz sistēmu dinamikas modelis ir determinēts un neparedz mainīgo un nestacionāro apstākļu adekvātu modelēšanu. Modeļa būtiskai uzlabošanai ir paredzēts apvienot sistēmu dinamikas modeļi ar diskreto notikumu imitācijas modeli atbilstoši 5.7. att. shēmai:



5.7. att. Apvienots pārvadājuma uzņēmuma modelis

Izstrādājams imitācijas modelis pamatojoties uz projekta savāktu uzņēmumu analizētiem gadījums faktoriem noteiks iespējamus pārvadājumu maršrutus un to īpašības. Līdz ar stohastiska modeļa būtību arī varētu vieglāk modelēt tādus nepastāvīgus modeļa parametrus, kā piemēram degvielas cena. Viena no diskreto notikumu modeļu vērtīgām īpašībām ir salīdzinoši viegli izstrādājama vizualizācija, kas varētu būt pamats modeļa uzskatāmai animācijai attēlojot ne tikai ekonomiskus faktoros bet arī to veidojošus biznesa procesus. Izstrādājamā imitācijas statistiskā modeļa vienkāršotais konceptuālais modelis ir attēlots 5.8. att. shēmā:



5.8. att. Imitācijas modeļa papildināšana ar pārvadājumu reisu stohastisko ģenerāciju

Kā vienu no turpmākiem modeļa papildinājumiem varētu minēt arī iespējamās atgriezeniskas saites nodrošināšana no faktiskas transportlīdzekļu un vadītāju noslodzes uz definējamiem uzņēmuma resursu vērtībām. Kā piemērs, rēķinot iespējamo papildus īrēto vilcēju vai atbilstošo piekabju piesaisti uz noteiktu laiku, kad preču apgrozījums pārsniedz uzņēmuma sākotnēji definēto iespējamo maksimālo resursu noslodzi.

Analītiska modeļa koeficienti un matemātiskos apakšaprēķinos pielietotas konstantes var būt noteiktas pamatojoties uz projekta partneru uzņēmumu iegūtiem stratēģiskiem un operatīviem datiem izmantojot procesus kas ir aprakstīti nākošā apakšsadaļā.

5.4. Imitācijas modeļa prototipa izstrāde

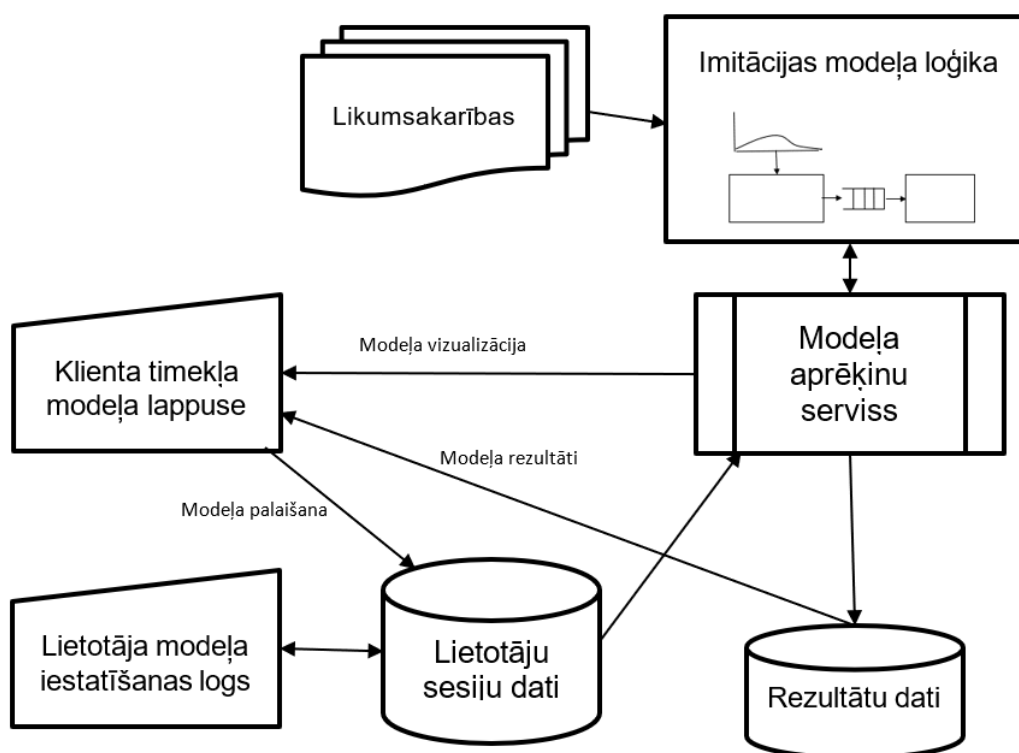
5.4.1. Interaktīva modeļa teorētiskais pamatojums

Lai padarītu modeļu atvērto un nepiesaistīto komerciāliem imitācijas modelēšanas līdzekļiem ir izstrādāts sistēmas koncepts timekļa bāzētām transporta uzņēmuma imitācijas

modelim, kas ir veidots kā serviss.

Timekļa imitācijas modeļa koncepta izstrādes pamatprasība ir vairāklietotāju publiskā piekļūšana modeļa rezultātiem un vizualizācijai. Lai nodrošinātu modeļa nepārtrauktu darbību un iespēju vairākiem lietotājiem neatkarīgi veikt eksperimentus timekļa režīmā ir paredzēts sadalīt imitācijas modeļa lietotni uz atsevišķām komponentēm - atbilstoši priekšgalsistēmu un aizmugursistēmu. Priekšgalsistēma ir paredzēta lietotāju piekļuvei modelim timekļa vidē, datu ievadei, vizualizācijas nodrošināšanas un eksperimentālo rezultātu apstrādei. Aizmugursistēma šajā gadījumā ir paredzēta pati imitācijas modeļa aprēķinu veikšanai, lietotāja datu un modelēšanas rezultātu glabāšanai, ka arī atbilstošu likumsakarību apstrādei.

Kopējais timekļa bāzēts imitācijas modeļa koncepts ir piedāvāts 5.9. att.:



5.9. att. Timekļa bāzētā imitācijas modeļa koncepts

Priekšgalsistēmā (lietotājā daļa) ir realizējamā kā timekļa lietotne, kas ir saistīta pielietojot divus informācijas ziņapmaiņas kanālus ar aizmugursistēmu. Pirmais informācijas kanāls ir paredzēts darbam ar aizmugursistēmā veidoto datubāzes vadības sistēmu, nodrošinot piekļuvei pie scenāriju individuāliem iestatījumiem, tādiem ka uzņēmuma lielums, piesaistīta darbinieku skaits, pieejamiem transportlīdzekļiem, to sastāvu, u.tml. ieejas datiem (piemērām, 5.10. att.). No otras puses saikne ar datubāzi ļaus nākotnē saglabāt modelēšanas eksperimentu

rezultātus atsevišķa datubāzē turpmākas analīzes iespējām. Lai nodrošinātu vairāklietotāju piekļūšanas režīmu, lai neatkarīgi modeļa lietotāji netraucētu citu lietotāju eksperimentiem lietotāja datus ir paredzēts glabāt uz lietotāja sesijas atslēgas pamata. Tādas pieejas izmantošana ļaus ne tikai sadalīt lietotāju neatkarīgo eksperimentu veikšanu bet arī nodrošinās katrām lietotājam pielāgojama modeļa iestatījumu definēšanu un glabāšanu.

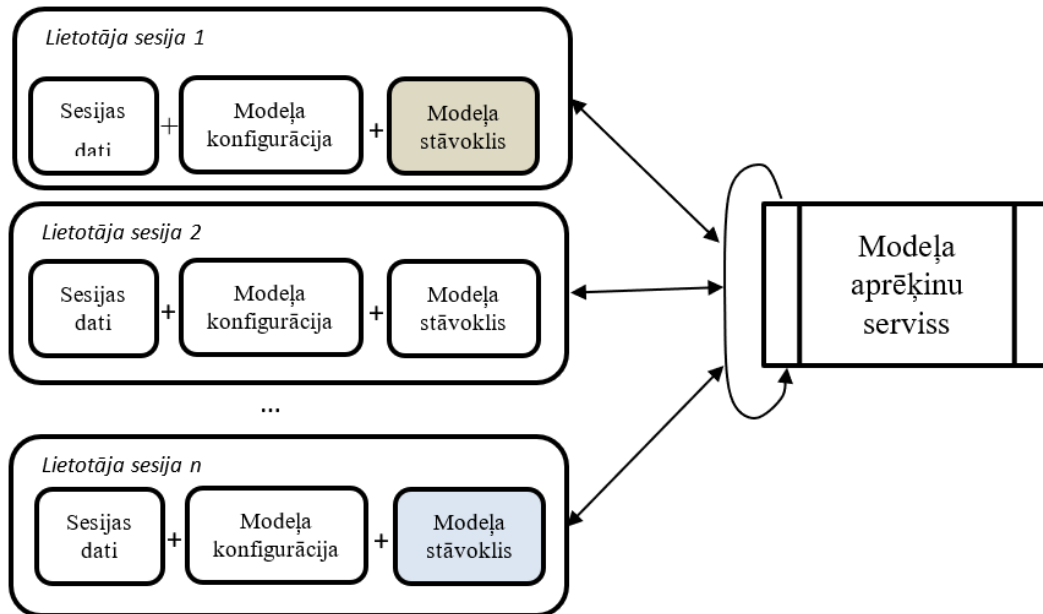
Otrais priekšgalsistēmas informācijas kanāls ir paredzēts modeļa animācijas un vizualizācijas nodrošināšanai un ir paredzēts nepārtrauktai tiešai mijiedarbībai starp lietotāja modeļa timekļa lappusi un modeļa aprēķinu servisu. Tādu ziņapmaiņu ir iespējams realizēt izmantojot tiešsaistes interaktīvas tehnoloģijas, tādas kā *Ajax* vai līdzīgas izmantojot *WebSocket* saskarni.

Modeļa iestatījumi

Modeļa pamatiestatījumi	
Modelēšanas laiks (mēn)	<input type="text" value="12"/>
Uzņēmuma transportlīdzekļi	
Vilcēji	<input type="text" value="2"/>
Mežsaimniecības piekaves	<input type="text" value="1"/>
Lauksaimniecības piekaves	<input type="text" value="1"/>
Vilcēja amortizācija mēnesī (EUR)	<input type="text" value="800"/>
Piekaves amortizācija mēnesī (EUR)	<input type="text" value="600"/>
Nomāti transportlīdzekļi	
Vilcēji	<input type="text" value="2"/>
Mežsaimniecības piekaves	<input type="text" value="1"/>
Lauksaimniecības piekaves	<input type="text" value="1"/>
Vilcēja amortizācija mēnesī (EUR)	<input type="text" value="800"/>
Piekaves amortizācija mēnesī (EUR)	<input type="text" value="600"/>
Uzņēmuma darbinieki	
Darbinieku skaits	<input type="text" value="2"/>
Darbinieka alga (bruto EUR)	<input type="text"/>

5.10. att. Modeļa koncepta datu iestatīšana (prototips)

Aizmugursistēma ir realizējamā kā serviss ar nepārtrauktu darbību, kas realizētu atbilstoša imitācijas modeļa diskreto notikumu loģiku balstoties uz priekš modeļiem iegūtiem un izanalizētām likumsakarībām. Lai nodrošinātu vairāklietotāju imitācijas modeļa pielietošanu ir paredzams, ka modelis varētu paralēlā režīmā imitēt vairākus scenārijus neatkarīgi viens no otrā. Imitācijas modelēšanas servisam asinhronā režīmā ir jāpārlūko lietotāju aktīvo sesiju tabulu uz to, vai ir palaists atbilstoši konfigurēts modelis (sk. 5.11. att.):



5.11. att. Modeļa darba shēma vairāklietotāju piekļuves režīmā

Gadījumā ja atbilstošām lietotājam modelis ir palaista statusā, modeļa serviss interpretē dota modeļa pašreizējo stāvokli un modelēšanas laiku. Atbilstoši imitācijas modelī realizētas loģikas uz dotas iterācijas ir veikta arī modelējamās sistēmas stāvokļa izmaiņa. Aptaujas režīmā katrs nākošais palaists “lietotāja modelis” ir atbilstoši imitēts uz šīs diskrētas iterācijas laiku un tām ir veikta modeļa stāvokļa izmaiņa.

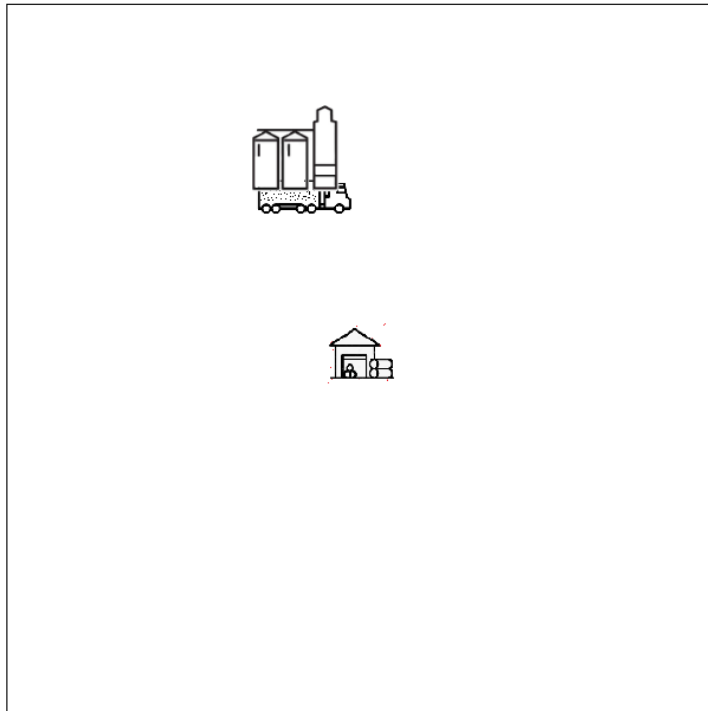
5.4.2. *Interaktīva modeļa realizācija*

Līdz ar to ka analītiskais transporta uzņēmuma modelis ir neērts pielietošanai no lietotāja puses, ka arī ne līdz galam atspoguļo gadījumfaktoru ietekmi uz uzņēmuma darbības raksturlielumiem, tam paralēli ir izstrādāts modelis, kas ir realizēts kā timekļa lietotne ar atbilstošam iespējām veikt sistēmas vizualizāciju (sk. 5.12. att.).

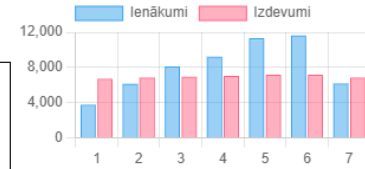
[Sākums](#) [Iejas datu uzstādījumi](#)

Sākt Apturēt Restartēt

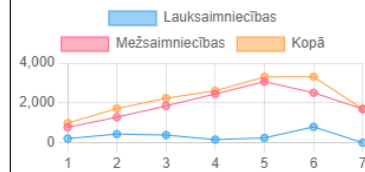
Mēnesis: 8 diena: 4 stunda:4



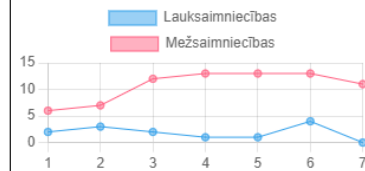
Ienākumi un izdevumi



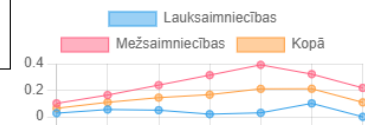
Attālumi kopā, km



Reisu skaits mēnesī



Vidējais noslodzes koeficients



5.12. att. Interaktīva modeļa animācijas logs un galvenais ekrāns

Modeļa loģiskajā daļā ar diskrētu notikumu pieeju ir realizēta transporta uzņēmuma reisu plānošana un izpilde ar secīgo notikumu izpildi un modelējamas sistēmas stāvokļu izmaiņu (sk. 5.13. att.).

```
1|324|72|45|0|forestry|0
2|485|48|30|0|forestry|0
..Vehicle 1 change distance to 84
..Vehicle 1 moving forward
..Vehicle 2 change distance to 60
..Vehicle 2 moving forward
Random to check if create new task: 0.041134235933951
...Creating new task
...New task distance: 515.9542468963
...New task volume: 26.239954894986
>>>Should become agriculture task
...New task type: agriculture
...Assign vehicle with agriculture trailer
```

5.13. att. Interaktīva modeļa trasēšana

Sistēma ir realizēta iepriekš izstrādāto imitācijas modeļu koncepcija, bet izanalizēti gadījumsadalījumi un likumsakarības simboliskā formā ir iekļautas programmas pirmkodā (5.14. att.):

```
//seconda forestry
$reduceProbCoeffSecond = (1.0 - $newTaskProbAgricMonthly[$modelMonth - 1] * (1.0 * $allTractors - $allAgricTrailer) / min(1.0 * $allTractors, 1.0)); // coefficient
$newTaskProb = $newTaskProbDivider * $newTaskProbForestMonthly[$modelMonth - 1] * min($allForestTrailer, $allTractors) * $reduceProbCoeffSecond;
$r = generateUniform1();
trace("Random to check if create new task: $r");
trace("Probability of new Agriculture task: $newTaskProb = $newTaskProbDivider * ".$newTaskProbForestMonthly[$modelMonth-1]." * ".min($allForestTrailer, $allTractors)
if($r <= $newTaskProb )
{
    //wait task
    trace("...Creating new task");
    $newTaskDistance = generateUniform($distanceAvgAgricMonthly[$modelMonth - 1] * 0.5, $distanceAvgAgricMonthly[$modelMonth - 1] * 1.5);
    trace("...New task distance: $newTaskDistance");
    $newTaskVolume = generateUniform(25.0, 30.0);
    trace("...New task volume: $newTaskVolume");
    $r = generateUniform1();
    //forestry task
    trace(">>>>Should become forestry task");
    $newTaskType = 'forestry';
}
```

5.14.

att. Interaktīva modeļa programmatūras pirmkoda fragmenti

Interaktīvais modelis ir izvietots pēc norādes <http://www.transportsimulation.lv/model/> un ir pieejams potenciāliem lietotājiem iespējamo scenāriju patstāvīgai eksperimentālai analīzei. Ņemot vērā, ka lietotājs pats var rediģēt pieņēmumus uzņēmuma datiem, ir iespējams novērtēt lietotājam atbilstošas situācijas attīstību.

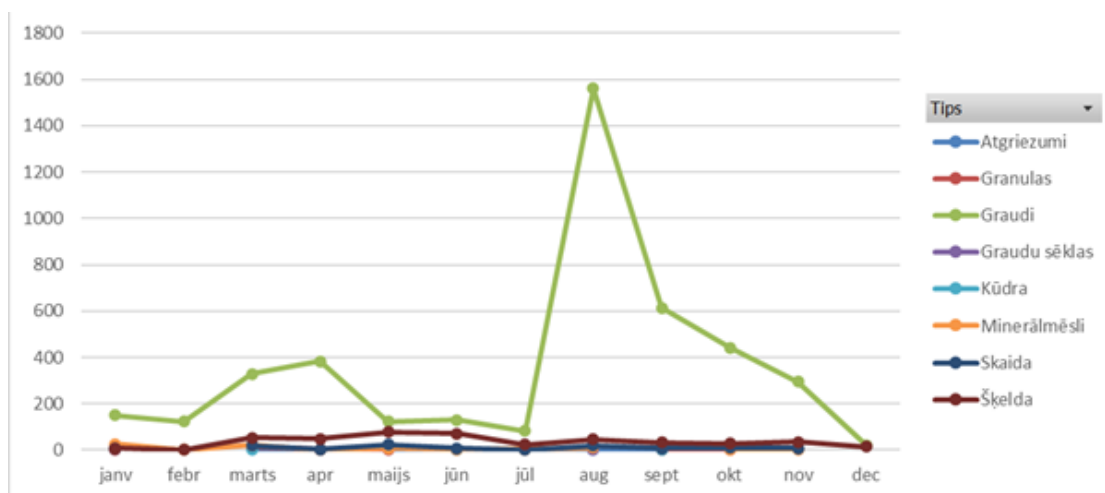
5.5. Modelēšanas rezultāti

5.5.1. Transporta uzņēmuma modelis ar sezonālītātes faktoriem

Lai nodrošinātu salīdzinošu analīzi starp dažādu nozaru produktu pārvadājošiem uzņēmumiem ir izstrādāts transporta uzņēmuma analītiskais modelis. Viens no svarīgākajiem faktoriem, kas ir izgūts analizējot projekta iegūtos datus, un kas visvairāk ietekme transporta uzņēmumu pārvadāto preču apjomu, reisu un attālumus ir sezonālītāte. Šis faktors, ir izteikts mežsaimniecības produktu pārvadājumiem, un vēl vairāk izteikts lauksaimniecības produktu pārvadājumos. Tā analizējot visvairāk ir ietekmēti graudu pārvadājumi (sk. 5.15. att.).

Modeļa izveidošanai ir izmantoti transporta uzņēmumu uzkrātie dati par lauksaimniecības produktu pārvadājumiem sistēmā “Graudvedis” un par mežsaimniecības produktu pārvadājumiem no SIA “SELF Loģistika” piedāvātiem datiem par saistītiem uzņēmumiem.

Līdz ar to, ka sistēmā “Graudvedis” visvairāk pēc apjoma un pēc datu kvalitātes dati pilna gada apjomā tika reģistrēti 2022. gadā turpmāk sezonālītātes faktora modelī ir pielietoti minēta gada savāktie dati (ar nelieliem izņēmumiem, kas tiks apskatīti atsevišķi).



5.15. att. Izpildīto lauksaimniecības produktu pārvadātāju reisu skaits 2022. gadā grupējumā pēc mēnešiem un precēm no “Graudvedis” datiem

Transporta uzņēmuma analītiskajā modelī kā galvenie ieejas dati un faktori ir:

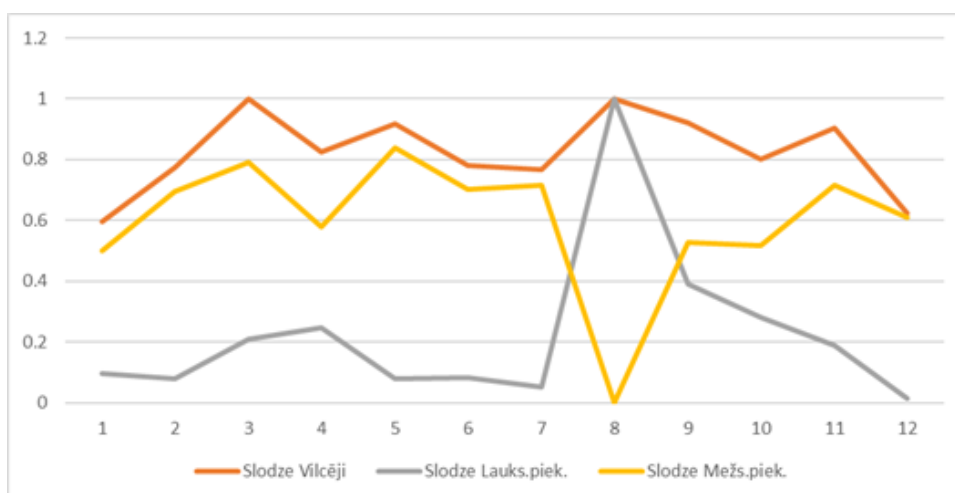
- Transporta vienību skaits
- Personālā skaits
- Transporta izmaksas
- Personāla izmaksas
- Iespējamo pārvadājumu apjoms no analizējamiem datiem
- Iespējamo pārvadājumu attālumi no analizējamiem datiem

Modelī kā galvenie analizējami izejas faktori ir:

- Uzņēmuma resursu pielietojuma slodze
- Uzņēmuma izmaksas un ienākumi pa pozīcijām

Modelis pārrēķina transporta uzņēmuma darbības gaitu gada garumā un noteic dažādas produktu pārvadājumu ietekmi uz uzņēmuma iespējamiem ekonomiskiem rādītājiem ja visā modelēšanas periodā nenotiek izmaiņas piederošo transporta vienību un piesaistīta personāla skaitā. Rēķinot pārvadājumu struktūru ir ņemts vērā gan reisu sadalījums pa produktu tipu pa mēnešiem, tā arī paveikto attālumu ar kravu un bez kravas pa mēnešiem.

Tā, piemēram, analizējot vismazāko uzņēmuma konfigurāciju, kur ir viens vilcējs, un divas piekabes: viena lauksaimniecības produktu transportēšanai un viena piekābe mežsaimniecības produktu transportēšanai kopēja uzņēmuma slodze balstoties uz vēsturiskiem datiem varētu būt līdzīga kā attēlota uz 5.15. att. diagrammas:



5.16. att. Transporta vienību slodze uzņēmumam ar vienu vilcēju gada laikā

Gadījumā, ja uzņēmuma prioritārais produktu pārvadājumu klāsts ir lauksaimniecības produkti (ar uzsvaru uz graudu pārvadājumiem), lauksaimniecības piekabē vidēji varētu būt visvairāk noslogota graudu pārvadājumu sezonā, augustā un daļēji septembrī. Pārējā laikā izejot no piedāvāto reisu skaita lauksaimniecības produktu pārvadājumi rādītu uzņēmumam neefektīvo resursu izmantošanu.

Atbilstoši mēnešos ar mazāko lauksaimniecības produktu pārvadājumiem vilcēja un darba spēka pastāvīgas izmaksas varētu kompensēt piekabes izmantošana mežsaimniecības produktu pārvadājumiem (dzeltena līnija 5.16. att.). Kaut gan mežsaimniecības produktu pārvadājumiem arī ir sezonalitātes raksturs (kas ir noteikts no vēsturisko datu analīzes), tomēr tie varētu nodrošināt vilcēja un darbaspēka izmantošanu ārpus graudu pārvadājumu sezonas.

5.5.2. *Transporta modelis ar sezonalitāti dažādos scenārijos*

Lai novērtētu dažādu nozaru produktu pārvadājumu uz transporta uzņēmumu kopumā ir izstrādāts aptverošas analīzes eksperimentu plāns ar uzņēmuma analītisko modeli nodrošinot uzņēmuma raksturvērtību eksperimentālu novērtēšanu mainot sekojošos faktorus:

- Transporta vienību skaitu
 - Vilcēju skaitu
 - Piekabju skaitu lauksaimniecības produktu pārvadājumiem
 - Piekabju skaitu mežsaimniecības produktu pārvadājumiem
- Personāla skaitu (atbilstoši transporta vienībām)

Piemērs modeļa eksperimentāliem rezultātiem uzņēmumam ar 3 vilcējiem un dažādām piekabju konfigurācijām ir attēlots Tabulā 5.1:

Tabula 5.1. Uzņēmuma eksperimentāli radītāji uzņēmumam ar 3 vilcējiem

Resursi			Realizējami reisi gadā		Attālumi kopā gadā, km			Slodzes koeficients vidējais		
Vilcēji	Lauks. piek.	Mežs. piek.	Lauks.	Mežš.	Lauks. kopā	Mežs. kopā	Mežs. ar krāvu	Vilcēji	Lauks. piek.	Mežs. piek.
3	3	0	173	0	28684	0	0	0.23	0.23	0.00
3	3	1	173	176	28684	30259	17261	0.47	0.23	0.72
3	3	2	173	348	28684	59977	34214	0.70	0.23	0.71
3	3	3	173	439	28684	75562	43111	0.83	0.23	0.60
3	2	3	115	485	19123	83935	47781	0.81	0.23	0.66
3	1	3	58	532	9561	92309	52450	0.80	0.23	0.72
3	0	3	0	578	0	100682	57120	0.78	0.00	0.78

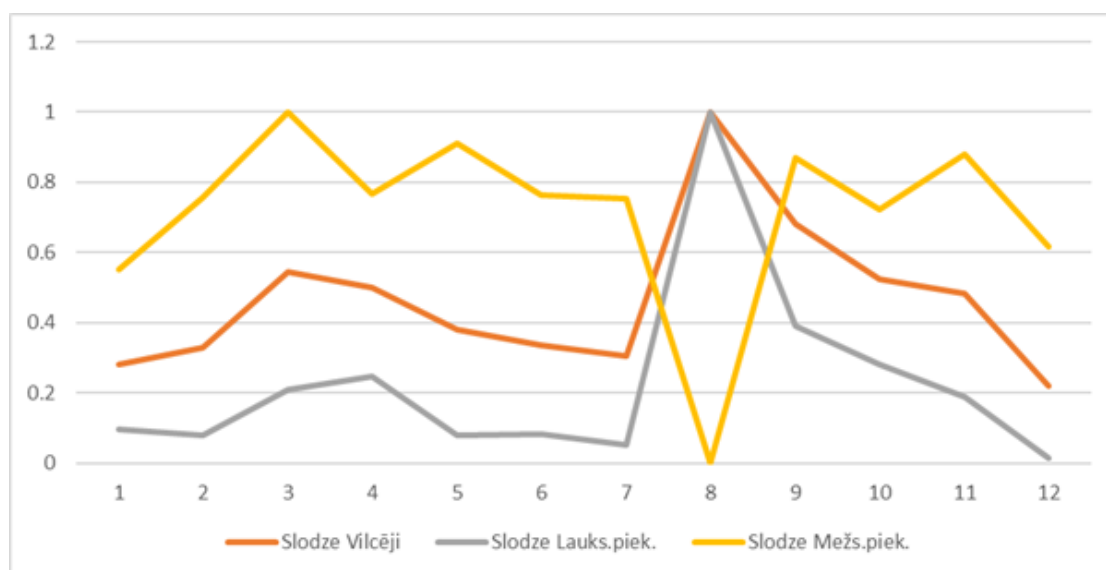
Analizējot rezultātus, lielāko vidējo slodzes koeficientu varētu nodrošināt konfigurācijā ar sešām piekabēm, kas garantētu vislielāko diversifikāciju piegādes krāvām. Bet tā arī būtu visdārgākā konfigurācija gan no pastāvīgo izmaksu viedokļa, gan arī no ekspluatācijas izmaksu viedokļa. Pieņemot, ka uzņēmums var strādāt pēc pieprasījuma modeļa no analizējamajiem datiem, mežsaimniecības pārvadājumu nodrošināšana jau ar vienu mežsaimniecības piekabi ļauj būtiski uzlabot uzņēmuma resursu pielietojumu.

Izejot no iegūtiem eksperimentāliem modelēšanas rezultātiem var secināt sekojošus pamatsecinājumus:

- Pie vienādiem nosacījumiem (vienādām izmaksām un ieņēmumiem pēc pozīcijām), ņemot vērā lauksaimniecības produktu sezonālītāti (pēc apstrādātiem datiem) mežsaimniecības produktu pārvadājumi nodrošina efektīvāko resursu slodzi.
- Nodrošinot lielāko slodzi visā gadā var vai koncentrēties uz mežsaimniecības produktu pārvadājumiem, vai ja ir diversificēta piekļuvē gan uz lauksaimniecības un mežsaimniecības piekabēm.

Kā piemēru no tādiem rezultātiem, var analizēt uzņēmuma transporta resursu slodzes sadalījumu gada laikā nelielam uzņēmumam ar 3 pieejamiem vilcējiem, 3 lauksaimniecības

produktu piekabēm un 1 mežsaimniecības produktu piekabi (sk. 5.17. att.):



5.17. att. Transporta vienību vidēja slodze uzņēmumam ar 3 vilcējiem gada laikā

Tādām uzņēmumam pārsvarā koncentrējoties uz lauksaimniecības produktu pārvadājumiem, kaut gan vilcēju un personāla slodze pārsvarā ir nodrošināta lauksaimniecības produktu pārvadājumiem, tomēr diversificējot pārvadāto krāvu veidus vilcēji (un attiecīgais personāls) ir nodrošināti ar papildus darbu arī ārpus lauksaimniecības sezonas.

Pieņēmumi par izdevumiem un ienākumiem tādām uzņēmumam kā efektīvākus scenārijus arī piedāvā scenārijus ar mežsaimniecības piekabju pielietošanu. Bet šo rezultātu apstiprināšanai būtu nepieciešama modeļa ieejas datu par atsevišķo pozīciju izmaksām pilnvērtīgāka verifikācija, ka arī pastāvīgo un mainīgo izmaksu precizēšana dažādu piekabju kategorijām.

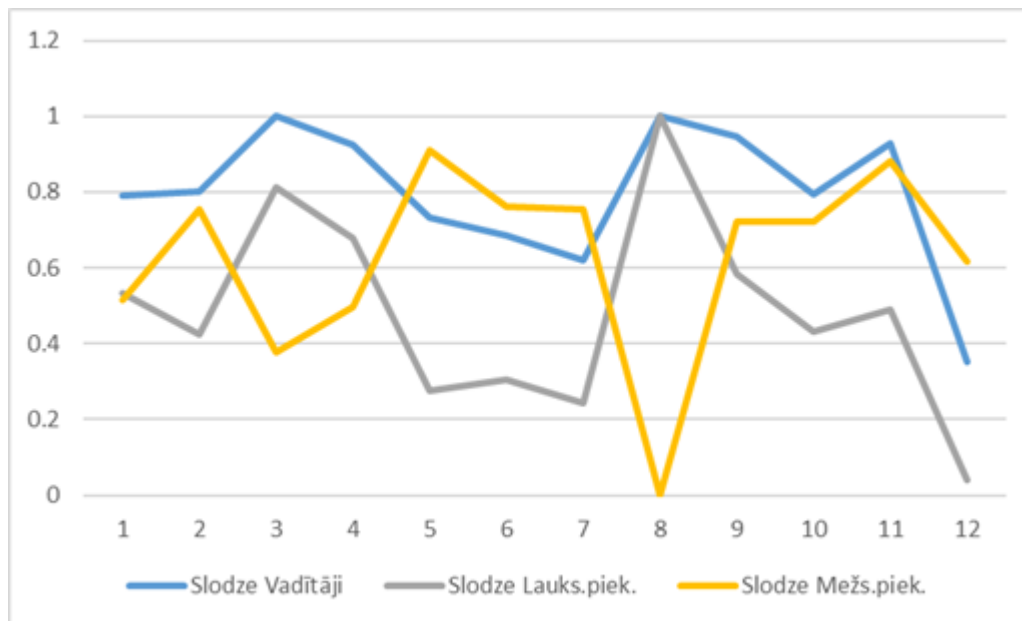
5.5.3. Modelis ar sezonālītāti uzņēmumam ar vienmērīgāko slodzi

Analizējot sistēmā “Graudvedis” uzkrātus datus, var noteikti, ka kaut gan pārsvarā lauksaimniecības produktu pārvadājumiem ir izteikta sezonālītāte, tomēr dažādiem uzņēmumiem tā ir izteikta dažādā lielumā.

Piemērām, noteicot no visiem pārvadātājiem, kas piedalījās datu vākšanai projekta ietvaros, tika noteikts, ka uzņēmumam reģistrētām zem pārvadātājā koda “Sniedzes” ir vismazāk izteikta sezonālītāte lauksaimniecības produktu pārvadājumiem gada garumā.

Pārreķinot transporta uzņēmuma analītisko modeli ar vēsturiskiem datiem, pieņemot, ka sezonālītātes faktors uzņēmumam ir līdzīgs augstākminētam uzņēmumam slodze, izdevumi un ienākumi gada garumā sanāk vienmērīgāk sadalīti.

Tā, piemērām uz 5.18. attēla salīdzinošai analīzei ir piedāvātā tāda uzņēmuma transportlīdzekļu slodze gadījumam, kad uzņēmumā ir viens vilcējs, un divas piekabes: viena lauksaimniecības produktu pārvadājumiem un viena mežsaimniecības produktu pārvadājumiem:



5.18. att. Transporta vienību slodze uzņēmumam ar vienu vilcēju gada laikā

Kaut gan pati lauksaimniecības produktu pārvadājumiem paredzētā piekabe ir pietiekami noslogota visa gada garumā, tomēr diversifikācija dažādam krāvām ļautu pilnīgāk noslogot gan pati uzņēmumam piederošo vilcēju, gan labāk izmantot darbaspēku. Vienīgie mēneši, kad noslodze būtu mazākā izejot no vēsturiskiem datiem būtu jūlijs un decembris.

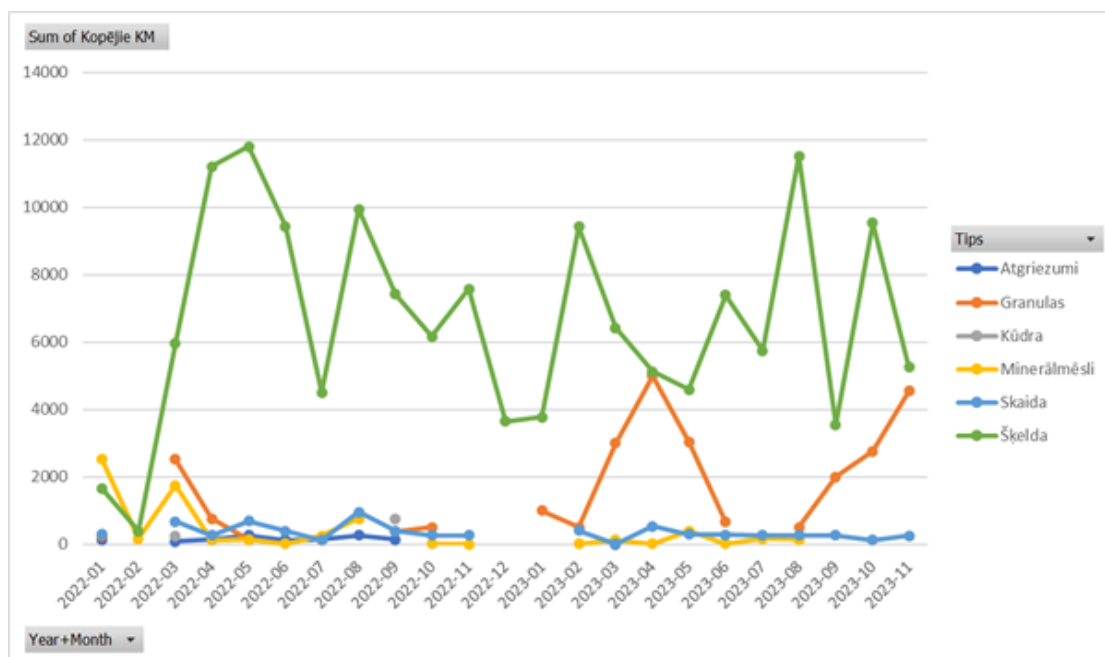
Kopēji secinājumi tādā modeļa pielietošanai ir līdzīgi kā vispārējam modelim:

- Vienmērīgākai slodzes nodrošināšanai gada garumā ir ieteicamā pārvadājumu kravas tipa diversifikācija.
- Izejot no vēsturiskiem datiem Pie vienādiem sākumā nosacījumiem mežsaimniecības pārvadājumi nodrošina stabilāko slodzi gada garumā.

5.5.4. Vairāku gadu datu analīze

Līdz ar projekta termiņa pagarināšanu atklājas iespēja analizēt nozares transporta uzņēmuma pārvadājumu datus par periodu ilgāku par vienu gadu. Viens no tādiem uzņēmumiem, sistēmā “Graudvedis” reģistrēts zem nosaukuma “Pan-Trans” reģistrēja pārvadājumu datus par 2 gadu periodu par 2022. un 2023. gadiem. Atšķirībā no citiem

uzņēmumiem, kas reģistrēja datus par graudu pārvadājumiem šim uzņēmumam tādi ieraksti nav reģistrēti. Tomēr uzņēmums koncentrējas uz daudzveidīgo kravu tipu pārvadājumiem pārstrādes un ar lauksaimniecību saistīta nozarē: šķelda, granulas, kūdra, minerālmēsli, u.tml. Atšķirībā no graudu pārvadātiem šim uzņēmuma tipam ir mazāk izteikts sezonālā faktors (sk. 5.19. att.)



5.19. att. Transporta uzņēmuma kopējo attālumu sadalījums 2 gadu garumā.

Salīdzinot datus starp 2022. un 2023. gadu arī ir sarežģīti noteikt pieprasījuma pēc pārvadājumiem sezonālas struktūras atkārtotumu, kas varētu būt saistīts gan ar faktiska pieprasījuma pēc pārvadājumiem izmaiņu, gan arī ekonomiskiem faktoriem kas ietekmētu to cik un kāda tipa reisi tiek faktiski izpildīti.

Analizējot eksperimentālus rezultātus analītiskajam modelim tādām uzņēmumam papildus pārvadājot arī mežsaimniecības produktus klāt pie pamatproduktu klāsta, resursu efektivitātes palielināšana jau nav tik izteiktais faktors līdz ar to, ka pamata darbība transporta uzņēmumam ir nodrošināta ar diezgan vienmērīgu pieprasījumu gada garumā.

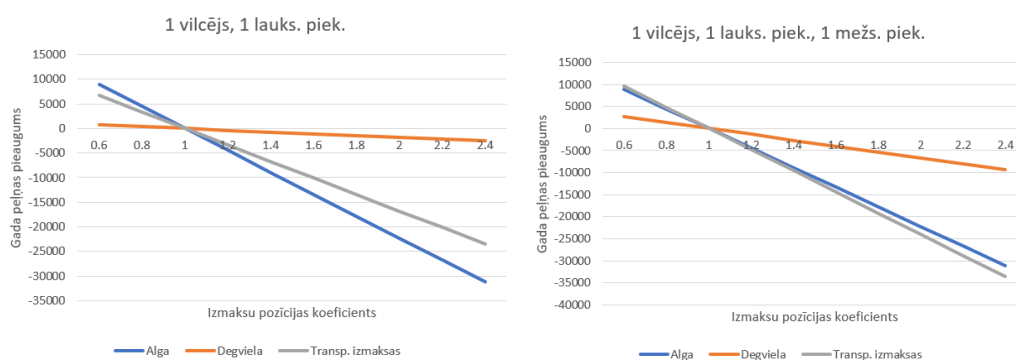
5.5.5. Modeļa parametru jutīguma analīze

Lai noteiktu kādas izdevumu pozīcijas visvairāk ietekme uzņēmuma iespējamo peļņu, dažādos eksperimentālos scenārijos ir veikta modeļa parametru jutīguma analīze. Ir sastādīts eksperimentālais plāns, mainot ar reizinātāja koeficientu sekojošus modeļa parametrus:

- Degvielas izmaksas par litru

- Transportlīdzekļu vadītāju alga
- Transportlīdzekļu kopējās izmaksas (apkalpošana un amortizācija)

Attiecīgas pozīcijās sadārdzinājuma koeficients bijā mainīts diapazona no 0.6 (mazākas izmaksas nekā pašreizējas) līdz 2.4 (lielākas izmaksas). Rezultāts lauksaimniecības produktu pārvadājumu uzņēmumam priekš modeļa ar 1 vilcēju un 1 vadītāju ir dots 5.20. att. diagrammās, kur ir salīdzināta situācija uzņēmumam, kas neizmanto papildus iespējas mežsaimniecības produktu pārvadājumiem, un uzņēmumam, kas izmanto. Diagrammās attēlo potenciālas gada peļņas absolūto izmaiņu.



5.20. att. Transporta uzņēmuma kopējo attālumu sadalījums 2 gadu garumā.

Analīzes rezultāti visos scenārijos rāda, ka lielākā ietekme uz uzņēmuma potenciālo peļņu ir transportlīdzekļu amortizācijai un nolietojumam, ka arī algām. Savukārt degvielas cenu izmaiņām ir mazāka ietekme uz peļņu tiešā veidā, nekā pārējo izdevumu pozīcijām.

Gadījumā, ja ir modelēts scenārijs, kur uzņēmums izmanto papildus puspiekabi smagsvara atbilstošiem mežsaimniecības produktu pārvadājumiem lielāka ietekmē ir transportlīdzekļu izmaksu komponentei. Šis varētu būt saistīts ar to, ka šajā gadījumā transporta uzņēmumam būtu jāuztur lielāko tehnisko līdzekļu autoparku. Līdzīgā veidā, šajā analizē ir lielāka arī ir ietekme uz gada peļņas absolūto izmaiņu. Tomēr ņemot vērā, ka pie otrā scenārija (ar mežsaimniecības produktu pārvadājumiem) standartsituācijā (bez izmaksu izmaiņas) potenciālie ieņēmumi jau ir krietni lielāki nekā pirmajā scenārijā (bez mežsaimniecības produktu pārvadājumiem), arī izmaiņas potenciālai peļņai absolūtā vērtībā nepārklāj to starpību starp dažādiem scenārijiem.

5.6. Ekonomiski pamatots sadarbības modelis smagsvara pārvadājumu puspiekabes lietotājiem

5.6.1. Modeļa apraksts

Ekonomiski pamatots sadarbības modelis ir sagatavots, baltoties uz apkopoto informāciju projekta laikā. Tai skaitā, modeļa ieejas dati ir pārbaudīti un koriģēti atbilstoši ekspertu vērtējumiem, bet transportlīdzekļu pielietošanas likmes ir pamatotas uz iepriekšiegūtiem modeļiem transporta uzņēmuma modelēšanai, kas ir balstīti uz uzņēmumu savākto datu analīzi. Eksperta vērtējums ir pamatojams ar to, ka projekta ietvaros neizdevās saņemt absolūti precīzus un viendabīgus datus ekonomiskiem faktoriem. Dati par autotransportu ir atkarīgi no transporta lietošanas saudzīguma, izvēlētas transporta vienības kvalitātes (marka, izlaides gads, sākotnējais iegādes stāvoklis, apkopes biežums, apkopes profesionālisms, ka arī šo iepriekšminētā izmaksas).

Transporta lietošanas veids un iemaņas, izveicība izmaksu optimizācijā, t.sk., izmaksas iegādājoties rezerves detaļas, nosaka operatīvo izmaksu apmēru, kas var svārstīties caurmērā +/- 30%. Attiecīgi iegādes izmaksas, komplektācija, autovadītāja komforta prasības arī ietekmē investīciju apmēru +/- 15%. Sagatavotais modelis, kurā var attiecīgi pielāgot nepieciešamos parametrus sniedz vispārīgu atbildi, spēj salīdzināt izvēlēs, un indikatīvi nosaka investīciju pelnīt spēju, kā arī CO₂ pēdas apmēru un izmaksas. Veidojot modeli, tika ietvertas patreizējās cenas un to prognoze. Kā arī modelī nav ietverti līzings vai kredīta maksājumu izmaksas, bet ir norādīta iekšējās peļņas normas (*IRR*) likme, kas būtu robežšķirtne aizņēmuma likmei. Turklāt, ir pievienota tūrā pašreizējā vērtība (*NPV*) ar diskonta likmi 10%, kas ir mainīga vērtība un ir atkarīga no katra investora sagaidāmās atdeves uz investēto kapitālu.

Izmantojot kredīta kapitālu var palielināt arī pašu kapitāla atdevi (*ROE*) – atdevi uz pašu kapitālu, pie noteiktiem nosacījumiem, kas ir ietverti modelī. Modelis ir sagatavots lietotājiem, kas apsver ideju paplašināt uzņēmējdarbību vai veidot jaunu transporta pakalpojumu sniegšanas jomā. Modelis palīdz veidot ieņēmumu, izdevumu prognozes un peļņas aprēķinu, izmantojot dažādas (piemēram, *puspiekabi smagsvara pārvadājumiem* un tradicionālo) kravas transporta sastāvus. Modelis ir balstīts uz ietvertiem pieņēmumiem un aprēķini ir veikti ar formulām Excel izklājlappās, un tas pieejams ikvienam interesentam:

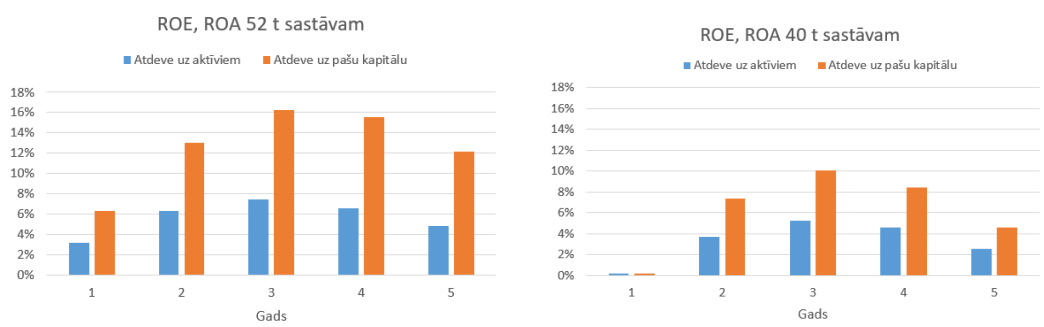
<https://www.lla.lv/projekti>,

https://drive.google.com/file/d/101jD6_lhbTKhxWGDD8BWRhPmWNus_nzX/view

5.6.2. Modeļa eksperimentāli rezultāti

Modelējot transporta uzņēmuma darbību 5 gadu prognozējama periodā, salīdzinot smagsvara pārvadājumiem atbilstošo puspiekabi (līdz 52 tonnām) un tradicionālo piekabi (līdz 40 tonnām) piekabju izmantošanu viena uzņēmuma ietvaros ir pamatota smagsvara pārvadājumiem atbilstošas puspiekabes pielietošana ar lielāku kopēju efektivitāti (paša kapitāla atdevi) un ar lielāko iespējamo iekšējās peļņas koeficienta likmi.

Salīdzinājums pašu kapitāla atdevi uz aktīvu atdevi uz apskatīto periodu ir dots 5.21. att. Tā plānota smagsvaru pārvadājumu paredzētas piekabes pielietošana 5 gados ņemot vērā to nolietojumu, pie nosacījumiem, ka efektivitāti veido 60% atdevi uz pašu kapitālu un 40% uz aktīviem kopsūma dod svērtu efektivitāti kā 8.5%. Pie tiem pašiem nosacījumiem 40 tonnu piekabes pielietošana dotu tikai 4.4% svērtu efektivitāti, kas ir salīdzinoši gandrīz 1.9 reizes mazāks.



5.21. att. Pašu kapitāla un aktīvu atdeves salīdzinājums 52 un 40 tonnu sastāviem.

Līdzīgā veidā, smagsvara un lielgabariņu pārvadājumu atbilstošai puspiekabei iekšējās peļņas norma no aprēķiniem dotu 4.2% likmi, savukārt tradicionālai (40 tonnu) piekabei tas būtu tikai 1.9% likme. No tā izriet, ka var būt neizdevīgi aizņemties tradicionālu (40 t) piekabi ar likmi, kas ir lielākā jau par 1.9%.

Novērtējot CO₂ pēdas apmēru ir secināts, ka pie esošiem pieņēmumiem 5 gadu garumā smagsvaru pārvadājumiem atbilstošā puspiekabe varētu nodrošināt par apmēram 5 tūkstošiem tonnu vairāk pārvedumu vidēji gadā. Tas savukārt vidēji gadā varētu nodrošināt par apmēram 5 tūkstošiem litru mazāku degvielas patēriņu pārvadājot to pašu kravas apjomu, kā ar tradicionālo 40 tonnu piekabi un vidēji gadā tas nodrošinātu CO₂ pēdas samazinājumu par 13.4 tonnām un teorētiski ļautu samazināt ekoloģiskas izmaksas par 2 tūkstošiem EUR gadā vidēji. Ņemot vērā, ka tā paša pārvadājumu nodrošināšanai ar tradicionālām piekabēm būtu nepieciešams lielākais reisu skaits, kas tiešā veidā novēstu pie lielākas riepu nodilšanas,

faktiska ietekme uz CO₂ pēdu ir vēl lielāka, ar ko ir pamatota *smagsvaru pārvadājumiem atbilstošas puspiekabes* pielietošana ilgtspējīgas ekonomiskas darbības un pārvadājumu organizēšanas nodrošināšanai.

5.7. Piekabes pārvadājumu praktiskas izmantošanas rezultāti un rekomendācijas pielietošanai

Pamatojoties uz projekta *smagsvaru pārvadājumiem atbilstošas puspiekabes* regulāro praktisko pielietošanu mežsaimniecības produktu pārvadājumos ir izstrādāti sekojoši iespējami ieteikumi konstrukcijas pilnveidošanai un uzlabošanai nākotnē ņemot vērā pārvadājuma pieredzi:

- Konstrukcijā paredzēt divus paceļamās asis (tas varētu nodrošināt degvielas patēriņa ekonomiju un samazināt gaitas pretestību)
- Paredzēt konstrukcijā grozāmo asi (varētu dot būtisko ietekmi uz riepu ilgmūžību)
- Esošajā konstrukcijā kravas nostiprināšanai tiek izmantotas mehāniski (manuāli) uzliekamas un savelkamas stropes. Ņemot vērā, ka puspiekabes konstrukcija paredz hidraulisko manipulatoru novietot puspiekabes priekšdaļā, ir ierobežota iespēja starp kravu un hidraulisko manipulatoru novietot drošības aizsargrežģi. Būtiski augstāku kravas nostiprinājumu var sasniegt izmantojot pneimatisko kravas nostiprināšanas mehānismu.

Puspiekabes pielietošanai mežsaimniecības vai lauksaimniecības produktu pārvadājumu uzņēmumā ir noteiktas sekojošas prasības pret uzņēmuma esošiem transportlīdzekļiem un vadītājiem. Apskatīta *smagsvaru pārvadājumiem atbilstoša* puspiekabe sader ar jebkuru atbilstošas jaudas (ne mazāka 350 zirgu spēku) vilcēju ar 3 asīm, no kurām divas aizmugurējās ir ar sapārotiem riteņiem pēc formulas 6x2 (velkošā asis 2) vai 6x4 (velkošās asis 4) kas būtu ieteicamāka konstrukcija tieši kokmateriālu pārvadājumiem pārvietojoties pa meža infrastruktūru, sevišķi ziemas apstākļos. Papildus tam nepieciešams uzstādīt jaudīgāku hidraulisko sūkni (atbilstoši hidrauliska manipulatora jaudas nodrošināšanai, un ietilpīgāku eļļas bāku), gadījumos, ja vilcējs, kas tiek piemērots kokmateriālu pārvadāšanai ir paņemts no pārvadājuma uzņēmuma esošā autoparka. Pasūtīt jaunu vilcēju sastāvā organizācijai ar jauno smagsvara puspiekabi šo aspektu jau sākotnēji var ietvert pasūtama vilcēja aprīkojumā.

Transporta līdzekļa vadītājam jābūt lielo kravas transportlīdzekļu vadīšanai atbilstošai kategorijai – C; CE, kas ir iegūstama sākot ar 21 gadu vecumu. Nepieciešama vadītāja

profesionāla kategorija – 95. kods. Profesionālās transportlīdzekļu vadītāju kategorijas (95. kods) mērķis ir paaugstināt profesionālo vadītāju kvalifikāciju un nodalīt profesionālos vadītājus no neprofesionāliem. Hidrauliskā manipulatora operatora apliecību var iegūt apmācību centros. Savukārt, praktiskas iemaņas vadītājs varētu apgūt stažēties pārvadājumu uzņēmumā, kurš veic kokmateriālu pārvadājumus vienojoties ar uzņēmuma vadību.

6. SABIEDRĪBAS INFORMĒŠANAS UN PUBLICĪTĀTES PASĀKUMI

1. Mērķtiecīga projekta publicitāte: informācija izplatīta caur projekta partneru informācijas kanāliem – mājaslapām, FB kontiem, kā arī sūtīta zināšanai potenciālajiem projekta rezultātu lietotājiem un mēdijiem.
2. Par projektā paveikto, tā rezultātiem informācija ir publicēta mēdijos: LVportals.lv, Latvijas Lauku konsultāciju un izglītības centra izdevumā Lauku lapa, Dienas bizness, TVNet, Delfi.
3. Projekta realizācijas laikā ir organizēti četri praktiski semināri ar mērķi demonstrēt sadarbības iespējas kravu pārvadājumos, kā arī notikušas vairākas fokusgrupas, lai ar nozares ekspertiem diskutētu par projekta risinājumiem un rezultātiem:
 - 2022. gada 17. augusts, Kokvedēja puspiekabes ar hidromanipulatoru demonstrācija, SIA METSATEK, "Kaldari", Ķekavas novads;
 - 2022. gada 6. oktobris, Piekabes demonstrēšana lauksaimniecības nozares uzņēmumiem, kooperatīvā sabiedrība LATRAPs, Eleja;
 - 2023. gada 9. novembris, Specializētas piekabes demonstrācija, kooperatīvā sabiedrība VAKS, Valmiera
 - 2024. gada 1. marts, Inovācija transportēšanas risinājuma demonstrācija, kooperatīvā sabiedrība "Durbes grauds", Durbe
4. Par projekta realizācijas gaitu, izstrādēm, iegūto informāciju, rezultātiem un secinājumiem ir lasīti referāti un prezentācijas konferencēs un seminārā:
 - 2023. gada 20. septembris, konference "Aprites ekonomika: inovācijas, sadarbība, ilgtspēja";
 - 2024. gada 20. marts, FOREST4EU projekta "Eiropas Inovāciju partnerības tīkls, kas veicina mežsaimniecības un agromežsaimniecības operacionālās grupas" ietvaros seminārs "Mežsaimniecības un agromežsaimniecības sektora inovāciju un labo prakšu prioritāšu noteikšana";
 - 2024. gada 16.-17. maijs, LBTU Ekonomikas un sabiedrības attīstības fakultātes starptautiskā konference "Ekonomikas zinātne lauku attīstībai".
5. Lai uzskatāmā veidā stāstītu par projekta rezultātiem, izstrādāto programmu un lietotni Graudvedis, ir sagatavoti un nopublicēti trīs video rullīši:
 - Vilcēja puspiekabes priekšrocības
https://www.youtube.com/watch?v=Qm9_LXkRkGE

- Baļķu vedamās puspiekabes priekšrocības
<https://www.youtube.com/watch?v=1L6NJzf4GTI>
- Par lietotni Graudvedis
https://www.youtube.com/watch?v=h_laqeDi1BA

7. REZULTĀTI UN SECINĀJUMI

7.1. Projekta rezultāti

1. Ir analizēti vairāk nekā 60 uzņēmumu dati mežsaimniecībā pārvadājumu nozarē par transportu un kravu pārvadājumu noslodzi un specifiku par 4 pilniem gadiem no 2020. līdz 2023. gada ieskaitot lai iegūtu analītiskus modeļus un likumsakarības transporta uzņēmuma modeļa izstrādei.
2. Ir uzkrāti un analizēti dati par 11 uzņēmumu transporta un kravu pārvadājumu noslodzi un specifiku lauksaimniecības pārvadājumu nozarē no 2021. līdz 2023. gadam ieskaitot lai iegūtu analītiskus modeļus un likumsakarības transporta uzņēmuma modeļa izstrādei.
3. Ir apskatīta un pētīta zinātniskā literatūra par lauksaimniecības un mežsaimniecības pārvadājumu plānošanu un organizēšanu. Ir analizētas labākas prakses nozarē un nākotnes attīstības iespējas.
4. Ir veiktas konsultācijas un intervijas ar pārvadājumu nozares ekspertiem pašreizējas situācijas analīzei un iespējamo risinājumu trūkumu un priekšrocību novērtēšanai.
5. Pamatojoties uz iegūtām likumsakarībām, zinātniskos avotos piedāvātam rekomendācijām un uzkrāto datu analīzi ir izstrādāts transporta uzņēmuma imitācijas modelis pārvadājumu uzņēmumu darbības scenāriju eksperimentālai modelēšanai.
6. Projekta ietvaros ir izstrādāta transporta uzņēmuma datu uzkrāšanas, loģistikas informācijas vadības un pārvadājumu organizēšanas sistēma "Graudvedis" lauksaimniecības produktu pārvadājumu nodrošināšanai nozares uzņēmējiem un projekta analizējamo datu iegūšanai un glabāšanai
7. Balstoties uz imitācijas modeli projektā ir izstrādāts interaktīvais modelis uzņēmuma stratēģisko lēmumu pieņemšanas pamatojumam
8. Ir izstrādāts ekonomiski pamatots sadarbības modelis specializētas piekabes potenciāliem lietotājiem lai varētu nomodelēt un pamatot noteikta sastāvā izmantošanas priekšrocības lauksaimniecības un mežsaimniecības nozares pārvadājumu uzņēmējiem
9. Projekta darbības periodā ir iegādāta, nokonfigurēta un potenciāliem lietotājiem (pārvadājumu nozares uzņēmējiem) uzskatāmi demonstrēta specializēta mežsaimniecības produktu pārvadājumu *puspiekabe atbilstoša smagsvara pārvadājumiem* (ar maksimālo svaru 52 tonnas). Tehniskais risinājums ir demonstrēts specializētos semināros un tikšanās ar lauksaimniecības produktu pārvadājumu nozares uzņēmējiem un ekspertiem, ka arī izmantojot plašsaziņas līdzekļu kanālus. Ir noteiktas un aprakstītas puspiekabes

priekšrocības pamatojoties uz to ikdienas komerciālo pielietojumu mežsaimniecības produktu pārvadājumos.

10. Ir sagatavotas zinātniskas publikācijas [46, 47] starptautiski atzītos zinātnisku rakstu žurnālos un projekta izpildes laikā ir veikta uzstāšanas starptautiska zinātniskā konferencē lai nodrošinātu risinājuma zinātniski-pētniecisko pamatu un izplatīt piedāvātus risinājumus zinātniskā vidē
11. Teorētisko pētījumu un praktisko pielietojumu rezultāti pamato piedāvātā risinājuma realizācijas iespējamību nodrošinot efektīvāko resursu izmantošanu lauksaimniecības un mežsaimniecības produktu pārvadājumu uzņēmumos un uzlabojot uzņēmuma ekonomiskus radītājus

7.2. Projekta secinājumi

1. Pamatojoties uz literatūras apskatu ir secināts, ka uzņēmuma digitalizācija, ieskaitot arī mazus pārvadājuma uzņēmumus, atbalsta pareizo uzņēmuma vadību un lēmumu pieņemšanu uzņēmuma ilgspējīgai un ekonomiski efektīvai attīstībai. Digitalizācija ietver sevi uzņēmuma vēsturisko datu vākšanu, analīzi un modelēšanu pamatoto lēmumu pieņemšanai.
2. Esošie risinājumi mežsaimniecības un lauksaimniecības produktu pārvadājumu organizēšanai un plānošanai bieži koncentrējas uz atsevišķiem operacionāliem faktoriem un bieži neņem vērā pieprasījuma sezonālo raksturu un izteikto nepastāvību.
3. Starpnozaru produktu pārvadājumu organizēšanai projekta izpildes laikā ir joprojām samērā maz pētīta un apskatīta problēma zinātniski-pētnieciskos literatūras avotos. Citos pētījumos pārsvarā ir apskatīti tikai globālas sadarbības jautājumi, bet nav ņemti vērā operacionālie un praktiskie jautājumi. Šo virzienu būtu vēlams pētīt un attīstīt arī turpmāk.
4. Analizējot labākas pārvadājumu organizēšanas prakses nozarēs ir secināts, ka ekonomiskie faktori un tieši izdevumi bieži nav vienīgi analizējamie faktori, bet nodrošinot efektīvus pārvadājumus būtu jāņem vērā arī ekoloģiskus un sociālekonomiskus aspektus.
5. Pamatojoties uz projektā veiktām nozares ekspertu konsultācijām pašreiz Latvijas tirgū ir nepietiekoša sadarbība starp dažādas nozares produktu pārvadājumiem, ko varētu palielināt ar informētības palielināšanu un atbilstošu rīku izstrādi.
6. Veicot datu sagatavi projekta modeļu pamatošanai ir noteikts, ka lauksaimniecības produktu pārvadājumu mazie uzņēmumi Latvijā bieži neefektīvi pārvalda uzņēmuma informāciju par loģistikas un ekonomiskiem procesiem un tādu uzņēmumu vadošas

personas bieži nevar nedz pamatot pieņemtus lēmumus, nedz analizēt savu biznesa procesu efektivitāti kas varētu novest pie neefektīvas uzņēmējdarbības nozarē.

7. Analizējot mežsaimniecības pārvaldājumu datus vairāku gadu periodā var secināt, ka mežsaimniecības produktu nozarē pārvaldājumu apjomam pēdējos gados ir tendence pieaugumam un šajā nozarē ar laiku varētu rasties resursu iztrūkums pārvaldājumu nodrošināšanai.
8. Analizējot lauksaimniecības pārvaldājumu datus var noteikt ka tādiem pārvaldājumiem ir ļoti nepastāvīgs (stohastisks) raksturs un pārvaldājumu pieprasījums ir izteikti atkarīgs no sezona. Savukārt, sezonalitātes ietekme uz lauksaimniecības produktu pārvaldājumiem ir atkarīga no pārvaldātu produktu tipa. Visvairāk sezonalitāte ietekme graudu pārvaldātājus, kur atsevišķos mēnešos reisu skaits, un pārvaldāto produktu apjoms ir daudzkārt lielāks par gada vidējo pieprasījumu. Savukārt sezonalitāte mazāk ietekme pārējo lauksaimniecības produktu tipu pārvaldājumus.
9. Analizējot projekta iegūtus datus lauksaimniecības un mežsaimniecības produktu pārvaldājumiem ir secināts ka nozares transporta uzņēmuma modelēšanai ir jāņem vērā gadījumlīelumu varbūtības sadalījumu sarežģīto un no sezona atkarīgo raksturu.
10. Veicot praktiskus pētījumus projektā ir secināts, ka no uzkrātiem loģistikas uzņēmumu pārvaldājumu datiem ir iespējams praktiski noteikt likumsakarības un uz to pamata izstrādāt pamatotus uzņēmuma darbības analītiskus modeļus.
11. Pamatojoties uz pārvaldājumu datu analīzi, pie vienādiem sākumā nosacījumiem un pārvaldājumu uzņēmuma izmaksu struktūras, mežsaimniecības pārvaldājumi nodrošina stabilāko slodzi gada garumā.
12. Analizējot pieprasījumu pēc graudu pārvaldājumiem var secināt, ka izmantojot vilcējus tikai lauksaimniecības pārvaldājumu piķa sezonā transportlīdzekļi netiek izmantoti pilnā slodzē un morāli noveco pilnvērtīgi nenolietoti. Savukārt transportlīdzekļu novecojums, varētu apgrūtināt darbaspēku piesaistīšanu pie tādas tehnikas, pat ja tā nav nolietota.
13. Eksperimentāli analizējot uzņēmuma iespējamās attīstības scenārijus ir noteikts, ka lauksaimniecības produktu pārvaldājumu uzņēmums, kas koncentrējas uz graudu pārvaldājumiem, var nodrošināt lielāko vidējo slodzi uzņēmuma resursiem (vilcējiem un vadītājiem) visa gada garumā, ja tas var piedalīties mežsaimniecības produktu pārvaldājumos ārpus lauksaimniecības produktu pārvaldājumu maksimāla sezona.
14. Modelējot lauksaimniecības produktu pārvaldājuma uzņēmumu, kas nekonzentrējas uz graudu pārvaldāšanu, ir secināts, ka papildus pārvaldājot arī mežsaimniecības produktus klāt

pie pamatproduktu klāsta, resursu efektivitātes palielināšana arī pastāv, bet jau nav tik izteikta, līdz ar to, ka pamata darbība transporta uzņēmumam ir nodrošināta ar diezgan vienmērīgo pieprasījumu gada garumā.

15. No pārvadājuma uzņēmuma modeļa jutīguma analīzes rezultātiem var secināt, ka lielākā ietekme uz izmaksām ir transportlīdzekļu amortizācijai, nolietojumam un vadītāju algām, bet mazākā ietekme ir degvielas cenai. Līdz ar to svarīgs aspekts atbilstošo piekabju iegādei būtu to cena un ekspluatācijas izdevumi.
16. No projekta piedāvātas *smagsvaru pārvadājumiem atbilstošas puspiekabes* praktiskas pielietošanas ikdienā var secināt, ka šis ir pilnvērtīgi strādājošs risinājums pārvadājuma uzņēmumam ar esošo vilcēju veikt mežsaimniecības un lauksaimniecības produktu pārvadājumus samazinot reisu skaitu un palielinot pārvadāto produktu apjomus.
17. No ekonomiska modeļa rezultātiem, pie noteiktiem pieņēmumiem, var secināt, ka projekta piedāvāta *smagsvara pārvadājumiem atbilstošas puspiekabes* pielietošana pārvadājumu organizēšanā ir ekonomiski efektīvāks risinājums nekā tradicionālā piekabe, gan no atdēvēs uz ieguldījumiem viedokļa, gan no iespējamās ietekmes uz CO₂ pēdu.

7.3. Piedāvātas rekomendācijas

Atbilstoši projekta 1. secinājumu punktam var atzīmēt, ka uzņēmuma digitalizācija prasa būtiskus finansiālus ieguldījumus, kurus, ņemot vērā IT pakalpojumu tirgus cenas bieži vien mazie Latvijas uzņēmumi nevar atļauties. Tādēļ mežsaimniecības un lauksaimniecības produktu pārvadājumu komersantiem tiek rekomendēts **izmantot LIAA piedāvāto atbalsta mehānismu:**

<https://business.gov.lv/atbalsta-programmas/atbalsts-digitalizacijai#noslegtie-ligumi>

Atbalsts paredzēts digitālo produktu, pakalpojumu, lietojumprogrammu, procesu izstrādei, ieviešanai vai pārveidošanai. Ir pieejami divi grantu veidi:

- Mazais grants: līdz 5000 EUR (atbalsts 100% apmērā)
- Lielais grants: līdz 100 000 EUR (atbalsts 30-60% apmērā)

Pirms pieteikuma iesniegšanas LIAA atbalsta saņēmējam jāvēršas EDIC, lai veiktu digitālā brieduma testu un saņemtu digitālās attīstības ceļa karti. EDIC ir Eiropas Digitālās inovācijas centrs, kuru attīsta Latvijas IT klasteris dih.lv.

Secinājumu 3. punkta atzīmētas problēmas risinājumam ir piedāvātas sekojošas rekomendācijas. Pētījumā [48] ir piedāvāta sekojoša prognoze “Saskaņā ar prognozēm

nodarbināto skaits lauksaimniecībā turpinās samazināties, sasniedzot 43,8 tūkst. 2030. gadā un 27,8 tūkst. 2050. gadā (attiecīgi par 23% un 2 reizes mazāks, salīdzinot ar 56,9 tūkst. 2022. gadā):

Šī un citas darbaspēka un demogrāfijas prognozes liecina, ka jau vistuvākajā nākotnē lauksaimniecības (arī citu sektoru, tajā skaitā mežsaimniecības) komersantu konkurētspēju vistiešākajā veidā būs atkarīga no padziļinātas specializācijas. Ļoti iespējamas, ka lauksaimniecības pārvaldājumi, kā pamatdarbības atbalsta funkcija lauksaimniecības produktu ražojošajiem komersantiem samazinās iegūstamo prognozēto galarezultātu. Pārvaldījumus būs ekonomiski izdevīgāk izmantot kā ārpalpojumu, kur cenu noteiks tirgus attiecības. Savukārt pavadājamu ārpalpojumu sniedzēju konkurētspēja būs atkarīgā ne tikai no pārvaldājumu tehniskas bāzes, no digitalizācijas risinājumiem, bet arī no loģistikas dienesta darbinieku kvalifikācijas.

Līdz ar to tiek rekomendēts **nākotnes pētījumos detalizēti izpētīt** jautājumu par sekojošo hipotēzi: "Lauksaimniecības uzņēmumu konkurētspēju var paaugstināt vairākiem komersantiem apvienojoties vienota produkcijas pārvaldājumu loģistikas dienesta izmantošanā vai pat atsevišķa kopīga loģistikas dienesta izveidošanā". Izvērtēšanu veikt uzkrājot un analizējot datus par lauksaimniecības uzņēmumu ekonomiskiem un ilgtspējīgas attīstības radītājiem, ka arī par esošiem trūkumiem un šķēršļiem sadarbības nodrošināšanā.

Papildus tam izglītības iestādēm tiek **ieteikts turpināt veikt un attīstīt** specializētus apmācību/kvalifikācijas paaugstināšanas **kursus loģistikas dienestu darbiniekiem** t.sk. par jaunākajiem digitalizācijas risinājumiem. Mežsaimniecības un lauksaimniecības produktu pārvaldījumos iesaistītu komersantu apsekojamu ar mērķi, ja nepieciešams, aktualizēt dokumenta "LOĢISTIKAS SPECIĀLISTS PROFESIJAS STANDARTS" prasības [49].

Rekomendācijas projekta secinājumu 5. punkta problēmas risinājumam var būt izvirzīti sekojošā veidā. Ilgtermiņa un ilgtspējīga sadarbība starp dažādu nozaru komersantiem ir iespējama, ja ir skaidri noformulēti sadarbības noteikumi un ieguvumi katrai no sadarbībā iesaistītajām pusēm, tajā skaitā ir pušu vienošanās par plānoto pārvaldājumu termiņiem, apjomiem un cenām.

Šādu sadarbību var veicināt arī trešās puses, piemēram **pašvaldības**. Kā tas norādīts avotā [50]: "Pašvaldības var spēlēt būtisku lomu, lai atbalstītu uzņēmējdarbību. Ne vienmēr uzņēmējiem nepieciešams finansiāls atbalsts – būtiska ir uzņēmuma atrašanās vietas tēla uzlabošana, jaunu darbinieku piesaiste, atbalsts uzņēmuma biznesa plāna izstrādē, kā arī informācija par iespējām paplašināt savu uzņēmējdarbību gan valsts, gan starptautiskā līmenī.

Pašvaldībām, īstenojot mērķtiecīgas informācijas kampaņas un jaunu darbinieku piesaisti tajās izvietotajiem uzņēmumiem, paredzami gan ekonomiski, gan ar pašvaldības tēlu un atpazīstamību saistīti ieguvumi".

8. LITERATŪRAS AVOTI

1. C. Alayet, N. Lehoux, L. Lebel, Logistics approaches assessment to better coordinate a forest products supply chain, *Journal of Forest Economics*, Vol. 30, 2018, pp. 13-24, ISSN 1104-6899, <https://doi.org/10.1016/j.jfe.2017.11.001>.
2. A. Alonso-Ayuso, L. F. Escudero, M. Guignard, A. Weintraub, On dealing with strategic and tactical decision levels in forestry planning under uncertainty, *Computers & Operations Research*, Vol. 115, 2020, ISSN 0305-0548, <https://doi.org/10.1016/j.cor.2019.104836>.
3. J. J. Troncoso, R. A. Garrido, Forestry production and logistics planning: an analysis using mixed-integer programming, *Forest Policy and Economics*, Vol. 7, Iss. 4, 2005, pp. 625-633, ISSN 1389-9341, <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2003.12.002>.
4. T. de Almeida Sfeir, J.E. Pécora, A. Ruiz, L. LeBel, Integrating natural wood drying and seasonal trucks' workload restrictions into forestry transportation planning, *Omega*, 2019, pp. 102-135, ISSN 0305-0483, <https://doi.org/10.1016/j.omega.2019.102135>.
5. J. Merkurjev, G. Merkurjeva., B. Sokolov., V. Zelentsov. *Information Technologies and Support Tools for Space-Ground Monitoring of Natural and Technological Systems*, 2014, Rīga, RTU, ISBN 978-9934-10-606-4.
6. [Tiešsaistēs resurss] Krāvu pārvadājumi ar autotransportu pa preču grupām | Centrālā statistikas pārvalde. https://data.stat.gov.lv/pxweb/en/OSP_PUB/START__NOZ__TRK__TRKA/TRK150/
7. S.K. Mathur, J.E. Warner. *Economics of Raw Timber Transportation: a Feasibility Study*, Technical Report. Texas Transportation Institute, 76.p, 1997.
8. T. Boukherroub, A. Ruiz, A. Guinet, J. Fondrevelle, An Integrated Approach for the Optimization of the Sustainable performance: a Wood Supply Chain, *IFAC Proceedings Volumes*, Vol. 46, Iss. 9, 2013, pp. 186-191, ISSN 1474-6670, doi:3182/20130619-3-RU-3018.00205
9. K.D. Walsh, A. Sawhney and H.H. Bashford, "Simulation of the residential lumber supply chain," *Proc.: 2003 Winter Simulation Conference*, New Orleans, LA, USA, 2003, pp. 1548-1551 vol.2, doi: 10.1109/WSC.2003.1261601.
10. O. S. Bajgiran, M. K. Zanjani, M. Nourelfath. The value of integrated tactical planning optimization in the lumber supply chain, *International Journal of Production Economics*, Vol. 171 (1), 2016, pp. 22-33, ISSN 0925-5273, doi:10.1016/j.ijpe.2015.10.021.
11. J. Francois, K. Moad, J.-P. Bourrières, L. Lebel. A tactical planning model for

- collaborative timber transport, *IFAC-PapersOnLine*, Vol. 50, Iss. 1, 2017, pp. 11713-11718, ISSN 2405-8963, doi:10.1016/j.ifacol.2017.08.1695.
12. M.O. Oke, O.J. Adebayo and A.E. Adenipekun, Determining the Best Transportation System for a Lumber Company Using the Transportation Algorithms, *Academic Journal of Statistics and Mathematics*, Vol.4, No.10, 2018, ISSN 5730-7151, pp. 1-11.
 13. J. Buongiorno, Forest sector modeling: a synthesis of econometrics, mathematical programming, and system dynamics methods, *International Journal of Forecasting*, Vol. 12, Iss. 3, 1996, pp. 329-343, ISSN 0169-2070, doi.org:10.1016/0169-2070(96)00668-1
 14. A. Kusiak. Data Farming: Concepts and Methods. In: *Triantaphyllou E., Felici G. (eds) Data Mining and Knowledge Discovery Approaches Based on Rule Induction Techniques. Massive Computing*, vol 6. Springer, Boston, MA, 2006, doi:10.1007/0-387-34296-6_8
 15. A. L. R. Oliveira, K. B. Marsola, A. Milanez, S. L. R. Faretto. Performance evaluation of agricultural commodity logistics from a sustainability perspective. In: *Case Studies on Transport Policy* 10 (2022), pp. 674–685
 16. A. P. Turner, M. P. Sama, L. S. G. McNeill, J. S. Dvorak, T. Mark, M. D. Montross. A discrete event simulation model for analysis of farm scale grain transportation systems. *Computers and Electronics in Agriculture* 167 (2019)
 17. K. Lamsal, P. C. Jones, B. W. Thomas. Harvest logistics in agricultural systems with multiple, independent producers and no on-farm storage. *Computers & Industrial Engineering* 91 (2016) pp. 129–138
 18. E. Mardaneh, R. Loxton, S. Meka, L. Gamble. A decision support system for grain harvesting, storage, and distribution logistics. *Knowledge-Based Systems* 223 (2021)
 19. J. Mehmman, F. Teuteberg. The fourth-party logistics service provider approach to support sustainable development goals in transportation e a case study of the German agricultural bulk logistics sector. *Journal of Cleaner Production* 126 (2016) pp. 382-393
 20. S. M. Nourbakhsh, Y. Bai, G. D.N. Maia, Y. Ouyang, L. Rodriguez. Grain supply chain network design and logistics planning for reducing post-harvest loss. *Biosystems Engineering* 151 (2016) pp. 105-115.
 21. D. Lomotko, D. Arsenko, O. Konovalova, O. Ischuka. Methods of infrastructure management for optimization of grain transport organization. *ICTE in Transportation and Logistics 2018 Procedia Computer Science* 149 (2019) pp. 500–507.
 22. J. J. U. Lopez, R. Y. Qassim. A novel modelling approach for the redesign of supply chains: An application to soybean grain supply chains. *Research in Transportation Business*

& Management 51 (2023)

23. S. Gupta, Garima. Logistics Sprawl in Timber Markets and its Impact on Freight Distribution Patterns in Metropolitan City of Delhi, India. *Transportation Research Procedia* 25 (2017) pp.965-977
24. A. Orozova, S. Gapurbaeva, A. Kydykov, O. Prokopenko, G. Prause, S. Lytvynenko. Application of smart logistics technologies in the organization of multimodal cargo delivery. *X International Scientific Siberian Transport Forum Transportation Research Procedia* 63 (2022) pp. 1192–1198
25. D. G. Mogale, N. Cheikhrouhou, M. K. Tiwari. Modelling of sustainable food grain supply chain distribution system: a bi-objective approach. *International Journal of Production Research* 2019
26. M. Chen, W. Zhichuan, H. Zhu, J. Xia, X. Yue. Research on System Dynamics of Agricultural Products Supply Chain Based on Data Simulation. In *2022 5th International Conference on E-Business, Information Management and Computer Science (EBIMCS)* (2022) pp. 54-66.
27. L. Xiao, B Lang. A Hybrid Intelligent Algorithm for Grain Logistics Vehicle Routing Problem. In: *International Conference on Environmental Science and Information Application Technology*, 2009, pp.556-559
28. Y. Zhu, X. Li, T. Zhen. Analysis and Design of grain logistics Distribution and Optimization Research Based on Web GIS. In: *Third International Symposium on Intelligent Information Technology Application Workshops 2009*, pp. 7-9
29. M. M. Fioroni, L. A. G. Franzese, I. R. Santana, P. E. P. Lelis, C. B. Silva, G. D. Telles, J. A. S. Quintans, F. K. Maeda, R. Varani. From Farm to Port: Simulation of the Grain Logistics in Brazil. In: *Proceedings of the 2015 Winter Simulation Conference*, 2015, pp. 1936-1947
30. V. Sgurev, L. Doukovska. S. Drangajov. Intelligent Logistics at Harvest Time in Grain Production. In: *International Conference Automatics and Informatics 2022*, pp. 135-139
31. T. Irina, M. Moroz, V. Zahorianskyi, O. Zahorianskaya, O. Moroz. Management of the Logistics Component of the Grain Harvesting Process with Consideration of the Choice of Automobile Transport Technology Based on the Energetic Criterion. In: *IEEE International Conference on Modern Electrical and Energy Systems (MEES)*, 2021
32. Y. Li, S. Lu. Research on Prediction of Regional Grain Logistics Demand Based on the Grey-regression Model. In: *IEEE International Conference on Grey Systems and*

Intelligent Services, 2015. pp. 97-101

33. J. A. Diaz, I. G. Perez. Simulation and Optimization of Sugar Cane Transportation in Harvest Season. In: Proceedings of the 2000 Winter Simulation Conference. 2000, pp. 1114-1117
34. P. Palatova , R. Rinn, M. Machon, H. Palus, R.C. Purwestri, V. Jarsky. Sharing economy in the forestry sector: Opportunities and barriers. *Forest Policy and Economics* 154 (2023)
35. Lin, K.; Ishihara, H.; Tsai, C.; Hung, S.; Mizoguchi, M. Shared. Shared Logistic Service for Resilient Agri-Food System: Study of E-Commerce for Local and B2B Markets in Japan. *Sustainability* 2022, 14, 1858
36. G. Kronberger, S. Wagner, M. Kommenda, A. Beham, A. Scheibenpflug, and M. Affenzeller. Knowledge Discovery Through Symbolic Regression with HeuristicLab. In Proc. of the 2012 European conference on Machine Learning and Knowledge Discovery in Databases - V. Part II (ECML PKDD'12), 2012, pp. 824-827.
37. J. R. Koza, Genetic Programming: On the Programming of Computers by Means of Natural Selection. Cambridge, USA: MIT Press, 1992.
38. G. Kronberger. Symbolic Regression for Knowledge Discovery – Bloat, Overfitting, and Variable Interaction Networks. PhD Thesis. Johannes Kepler University, Linz, 2010.
39. V. Reis, R. Macario. Freight transport modeling and simulation. In: *Intermodal Freight Transportation*. Eds: V. Reis, R Macario, Elsevier, 2019, pp. 131-160, ISBN 9780128144640, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814464-0.00006-2>.
40. A. Salas, B. Cases, J. C. G. Palomares. Value chains of Road Freight Transport operations: An agent-based modelling proposal, *Procedia Computer Science*, Vol. 151, 2019, pp. 769-775, ISSN 1877-0509, <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.04.104>.
41. C. G. Gomez-Marin, C. A. Serna-Uran, M. D. Arango-Serna and A. Comi, "Microsimulation-Based Collaboration Model for Urban Freight Transport," in *IEEE Access*, vol. 8, pp. 182853-182867, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3028564.
42. A. Abadi and P. Ioannou, "Optimization strategies for resilient freight transport and sustainability," 53rd IEEE Conference on Decision and Control, 2014, pp. 6472-6477, doi: 10.1109/CDC.2014.7040404.
43. P. Mensah, Yu. Merkuriev, E. Klavins, S. Manak. Supply Chain Risks Analysis of a Logging Company: Conceptual Model, *Procedia Computer Science*, Vol 104, 2017, pp. 313-320, ISSN 1877-0509, <https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.01.140>.

44. F. Simon, A. Girard, M. Krotki, J. Ordonez. Modelling and simulation of the wood biomass supply from the sustainable management of natural forests, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 282, 2021, ISSN 0959-6526, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124487>
45. P. Mensah, Yu. Merkurjev, E. Klavins, S. Manak. Supply Chain Risks Analysis of a Logging Company: Conceptual Model, *Procedia Computer Science*, Vol 104, 2017, pp. 313-320, ISSN 1877-0509, <https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.01.140>.
46. V. Bolsakovs, A. Romanovs, J. Merkurjevs, G. Merkurjeva, R. Feldmanis. Management of Joint Transportation in the Agriculture and Forestry Industrial Sectors, *Applied Sciences*, 14, 2024 (in submission)
47. V. Bolsakovs, A. Romanovs, J. Merkurjevs, R. Feldmanis. Project Summary: Innovative Solutions in Planning and Management of Transportation of Forestry and Agriculture Products, *Information Technology and Management Science*, Vol. 27., 2024 (in submission)
48. Lauksaimniecības attīstības prognozēšana un politikas .scenāriju izstrāde līdz 2050. gadam. LBTU. Zinātniskā pētījums. Līgums Nr. 23-00-S0INZ03-000020. Projekta vadītājs: Dr.oec. Irina Pilvere. 2023. gada novembri. 194 lpp
49. Profesionālās izglītības un nodarbinātības trīspusējās sadarbības apakšpadomes 2021. gada 10. februāra sēdē, protokols Nr. 2. LOGISTIKAS SPECIĀLISTS PROFESIJAS STANDARTS
50. Izvērtējums par kara Ukrainā radīto ietekmi uz Eiropas Savienības Austrumu pierobežas reģioniem 19.04.2024 Izvērtējums veikts Eiropas Ekonomikas zonas finanšu instrumenta 2014.-2021. gada perioda programmas “Vietējā attīstība, nabadzības mazināšana un kultūras sadarbība” projekta Nr.LV-LOCALDEV-0001 “Uzņēmējdarbības atbalsta pasākumi Latgales plānošanas reģionā” ietvaros”