

SUMANIŲJŲ TECHNOLOGIJŲ REIKŠMĖ LOGISTIKOS ĮMONIŲ TRANSPORTAVIMO PROCESUOSE

Nerijus KLIMAS, Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Bioekonomikos plėtros fakultetas, el. paštas:
nerijus.klimas@vdu.lt

Santrauka

Transporto ir logistikos sektorius pastaraisiais metais patiria spartų skaitmenizacijos procesą, kuris keičia tradicinius transportavimo principus ir didina technologinių sprendimų svarbą. Augant tiekimo grandinių sudėtingumui, klientų lūkesčiams ir konkurencijai rinkoje, logistikos įmonės vis dažniau taiko sumaniąsias technologijas, siekdamos efektyviau valdyti transportavimo procesus, optimizuoti išteklių panaudojimą ir gerinti paslaugų kokybę. Tokios technologijos kaip daiktų internetas (IoT), dirbtinis intelektas (AI), didžiųjų duomenų analizė, transporto valdymo sistemos ir skaitmenizuotas dokumentų valdymas padeda realiu laiku stebėti transportavimo procesus, mažinti veiklos neapibrėžtumą ir gerinti sprendimų priėmimą. Šio darbo tikslas – išanalizuoti sumaniųjų technologijų reikšmę logistikos įmonių transportavimo procesuose. Tyrimas grindžiamas mokslinės literatūros analize ir apibendrinimo metodu, leidusiu įvertinti technologijų taikymo kryptis, jų teikiamą naudą ir taikymo ribotumus. Nustatyta, kad sumaniosios technologijos prisideda prie veiklos efektyvumo didinimo, sąnaudų sumažinimo ir transportavimo procesų gerinimo. Vis dėlto jų diegimą riboja investicijų poreikis, infrastruktūros išsivystymo skirtumai ir darbuotojų kompetencijų stoka. Straipsnyje pabrėžiama, kad sumaniųjų technologijų integravimas tampa svarbiu veiksniu didinant logistikos įmonių konkurencingumą.

Reikšminiai žodžiai: logistika, transportavimo procesai, sumaniosios technologijos, skaitmenizacija, dirbtinis intelektas, veiklos efektyvumas.

Įvadas

Transporto ir logistikos sektorius pastaruoju metu patiria reikšmingus pokyčius, kuriuos lemia globalizacija, augantys prekių srautai ir didėjantys klientų lūkesčiai dėl pristatymo greičio ir paslaugų kokybės. Tiekimo grandinės tampa vis sudėtingesnės, todėl transportavimo procesų valdymas reikalauja didesnio tikslumo, operatyvumo ir informacijos prieinamumo. Senesni tradiciniai transportavimo organizavimo metodai dažnai nebepajėgia užtikrinti reikiamo efektyvumo, todėl logistikos įmonės vis aktyviau orientuojasi į naujesnius skaitmeninius sprendimus.

Sumaniosios technologijos tampa svarbia šiuolaikinės logistikos dalimi. Daiktų internetas, dirbtinis intelektas, didžiųjų duomenų analizė ir transporto valdymo sistemos leidžia realiu laiku stebėti transportavimo procesus, optimizuoti maršrutus ir efektyviau valdyti išteklius. Šios technologijos ne tik didina pačios veiklos efektyvumą, bet ir prisideda prie sprendimų priėmimo kokybės, procesų skaidrumo ir paslaugų patikimumo.

Mokslinėje literatūroje vis dažniau minima sumaniųjų technologijų reikšmė logistikoje, tačiau jų taikymo mastas ir poveikis transportavimo procesams vis dar kelia diskusijų. Dalis įmonių susiduria su finansiniais, organizaciniais ir kompetencijų iššūkiais, kurios riboja technologijų integraciją.

Nors mokslinėje literatūroje vis plačiau yra nagrinėjamos sumaniųjų technologijų taikymo galimybės logistikoje, tačiau dar trūksta nuoseklaus teorinio pagrindimo, kaip šios technologijos prisideda prie transportavimo procesų tobulinimo logistikos įmonėse. Daugelyje tyrimų analizuojamos atskiros technologijos arba tik pavieniai jų taikymo aspektai, tačiau mažiau dėmesio skiriama integruotam požiūriui, apimančiam skirtingus transportavimo proceso etapus, jų teikiamą naudą ir diegimo ribotumus. Todėl kyla mokslinė problema – nėra pakankamai aišku, kokia yra sumaniųjų technologijų reikšmė logistikos įmonių transportavimo procesuose ir kokiais aspektais jos labiausiai prisideda prie šių procesų efektyvinimo.

Tyrimo tikslas – išanalizuoti sumaniųjų technologijų reikšmę logistikos įmonių transportavimo procesuose.

Iškeltam tikslui pasiekti sprendžiami šie **uždaviniai**:

1. Išanalizuoti sumaniųjų technologijų taikymo tendencijas transportavimo procese logistikos įmonėse.
2. Nustatyti sumaniųjų technologijų transportavimo procese teikiamą naudą.

Tyrimų objektas ir metodai

Tyrimo objektas – sumaniųjų technologijų reikšmė logistikos įmonių transportavimo procesuose. Transportavimo procesai logistikos įmonėse apima maršrutų planavimą, krovinių stebėseną, informacijos valdymą, dokumentų tvarkymą ir komunikaciją tarp tiekimo grandinės dalyvių. Kaip pažymi autoriai, šių procesų efektyvumas vis labiau priklauso nuo skaitmeninių sprendimų, leidžiančių realiu laiku valdyti duomenis ir operatyviai reaguoti į pokyčius (Chung, 2021). Technologijų taikymas transportavimo veikloje siejamas su didesniu veiklos skaidrumu, tikslesniu planavimu ir geresne

paslaugų kokybe. Tyrime dėmesys sutelkiamas į tai, kaip sumaniosios technologijos prisideda prie transportavimo procesų efektyvumo didinimo ir sprendimų priėmimo kokybės.

Tyrime taikyta sisteminė mokslinės literatūros analizė, kuri leido išsamiai išnagrinėti sumaniųjų technologijų taikymo galimybes logistikos sektoriuje. Analizei pasirinkti moksliniai straipsniai, konferencijų publikacijos ir akademiniai šaltiniai, nagrinėjantys transportavimo procesų skaitmenizaciją, daiktų interneto, dirbtinio intelekto ir didžiųjų duomenų analizės taikymą. Literatūroje pabrėžiama, kad skaitmenizacija tampa vienu iš svarbiausių veiksnių didinant logistikos veiklos efektyvumą ir konkurencingumą (Zaviša, 2023). Šaltiniai atrinkti atsižvelgiant į jų aktualumą, teminį atitikimą ir publikavimo laikotarpį. Taikytas apibendrinimo metodas, leidęs susisteminti skirtingų autorių išvalgas ir išskirti pagrindines sumaniųjų technologijų teikiamas naudas ir jų diegimo iššūkius. Kaip nurodo P. R. C. Gopal ir kt. (2024), literatūros analizė sudaro galimybes sistemškai įvertinti technologijų poveikį transportavimo procesams. Šių metodų taikymas sudarė prielaidas nuosekliai atskleisti nagrinėjamos temos teorinį pagrindimą.

Šaltiniai atrinkti pagal šiuos kriterijus: teminį atitikimą nagrinėjamai problemai, publikacijų naujumą, mokslinį patikimumą ir praktinę reikšmę logistikos sektoriui. Daugiausia analizuotos 2017–2025 m. publikacijos, kadangi būtent šiuo laikotarpiu ypač suaktyvėjo sumaniųjų technologijų diegimas logistikos srityje. Kartu įtraukti ir keli ankstesni šaltiniai, reikšmingi teoriniam problemos pagrindimui. Literatūros paieškai naudoti akademiniai straipsniai, konferenciniai leidiniai, tarptautinių institucijų medžiaga ir teisės aktų šaltiniai. Iš viso analizuota 20 šaltinių.

Analizė laikoma sistetine todėl, kad šaltiniai buvo atrenkami pagal iš anksto nustatytus kriterijus, grupuojami pagal nagrinėjamas technologijas ir jų poveikį transportavimo procesams, o gautos išvalgos lyginamos ir apibendrinamos. Taikant apibendrinimo metodą buvo išskirtos pagrindinės sumaniųjų technologijų diegimo tendencijos, jų teikiama nauda transportavimo procesams ir pagrindiniai diegimo iššūkiai. Tokia metodologinė prieiga sudarė prielaidas nuosekliai atskleisti nagrinėjamos temos teorinį pagrindimą ir suformuluoti argumentuotas išvadas.

Tyrimų rezultatai ir jų aptarimas

Mokslinės literatūros analizės duomenimis, transporto ir logistikos sektorius šiuo metu patiria didelę skaitmeninę transformaciją, kuri iš esmės keičia transportavimo procesų organizavimo buvusius principus. Globalizacijos, e. prekybos augimo ir tarptautinių tiekimo grandinių plėtros kontekste transportavimo procesai tampa vis sudėtingesni, reikalaujantys ne tik fizinio krovinių pervežimo, bet ir nuolatinio didesnio informacijos srautų valdymo. Kaip pažymi K. Rejeb ir kt. (2020), skaitmenizacija logistikoje sudaro sąlygas pereiti nuo reaktyvaus veiklos modelio prie proaktyvaus, kuriame sprendimai grindžiami realaus laiko duomenimis ir analitinėmis prognozėmis. Transportavimo procesai šiandien apima maršrutų planavimą, transporto parko valdymą, krovinių sekimą, dokumentų administravimą ir komunikaciją tarp visų tiekimo grandinės dalyvių. Kiekvienas iš šių elementų generuoja didelį duomenų kiekį, kurio efektyvus panaudojimas tampa konkurenciniu pranašumu. Tradiciniai metodai, pagrįsti rankiniu planavimu ir ribota informacija, dažnai jau negeba užtikrinti reikiamo efektyvumo. Dėl šios priežasties logistikos įmonės vis aktyviau diegia sumaniąsias technologijas.

Sumaniosios technologijos transportavimo procesuose apima skirtingus sprendimus, susijusius su duomenų rinkimu, analize ir valdymu. 1 lentelėje aprašyti sumaniųjų technologijų galimi naudojimo pavyzdžiai pagal transportavimo proceso etapus.

1 lentelė. Sumaniųjų technologijų naudojimo pavyzdžiai pagal transportavimo procesus

Table 1. Examples of the use of smart technologies in transportation processes

Transportavimo proceso etapas / Stage of the transportation process	Sumaniųjų technologijų pavyzdžiai / Examples of smart technologies
Krovinių pakrovimo / Cargo loading	IoT jutikliai, skaitmeninis dokumentų valdymas, blokų grandinės / IoT sensors, digital document management, blockchain
Krovinių pervežimo / Cargo transportation	Dirbtinis intelektas, TMS sistemos, GPS sekimas / Artificial intelligence AI, TMS systems, GPS tracking
Krovinių iškrovimo / Cargo unloading	IoT jutikliai, didžiųjų duomenų analizė, skaitmeninės platformos / IoT sensors, big data analytics, digital platforms

Tyrimo duomenimis, krovinių pakrovimo etape populiariausios sumaniosios technologijos yra daiktų interneto (IoT) jutikliai, skaitmeninis dokumentų valdymas ir *blockchain* technologija. IoT jutikliai pakrovimo etape naudojami siekiant užtikrinti krovinių būklės stebėseną dar prieš transportavimo pradžią. Šie įrenginiai leidžia realiu laiku fiksuoti tokius parametrus kaip temperatūra, drėgmė ar krovinių judėjimas, todėl galima greitai nustatyti galimus nukrypimus nuo nustatytų sąlygų ir užtikrinti krovinių saugumą. Skaitmeninis dokumentų valdymas leidžia automatizuoti krovinių pakrovimo metu naudojamų dokumentų administravimą. Elektroniniai važtaraščiai ir kiti skaitmeniniai dokumentai padeda sumažinti administracinę naštą, užtikrina greitesnę informacijos perdavimą tarp tiekimo grandinės dalyvių ir mažina žmoniškųjų klaidų tikimybę. *Blockchain* technologija pakrovimo etape gali būti naudojama siekiant užtikrinti duomenų saugumą ir patikimumą. Ši technologija leidžia saugiai registruoti krovinių pakrovimo informaciją, užtikrina duomenų nekintamumą ir didina skaidrumą tarp transportavimo procese dalyvaujančių partnerių.

Krovinių pervežimo etape populiariausios sumaniosios technologijos yra dirbtinis intelektas, transporto valdymo sistemos (TMS) ir GPS ir IoT pagrindu veikiančios sekimo sistemos. Dirbtinis intelektas transportavimo metu naudojamas maršrutų optimizavimui ir transportavimo procesų planavimui. Analizuodamas eismo sąlygas, oro prognozes

ir istorinius duomenis, dirbtinis intelektas leidžia parinkti optimaliausius maršrutus ir sumažinti transportavimo laiką ir sąnaudas. Transporto valdymo sistemos (TMS) leidžia centralizuotai valdyti informaciją apie transporto priemones, maršrutus ir užsakymus. Šios sistemos padeda koordinuoti transportavimo procesus, efektyviau planuoti reišius ir operatyviai reaguoti į galimus pokyčius transportavimo metu. GPS ir IoT sekimo sistemos suteikia galimybę realiu laiku stebėti transporto priemonių buvimą vietą ir krovinio judėjimą. Tai padeda užtikrinti didesnę transportavimo proceso skaidrumą, leidžia klientams gauti tikslią informaciją apie pristatymo laiką ir padeda greičiau reaguoti į galimus trikdžius.

Remiantis duomenimis, krovinio iškrovimo etape populiariausios sumaniosios technologijos yra IoT jutikliai, didžiųjų duomenų analizė ir skaitmeninės logistikos platformos. IoT jutikliai iškrovimo etape leidžia patikrinti krovinio būklę ir įsitikinti, kad transportavimo metu nebuvo pažeistos nustatytos laikymo sąlygos. Šie duomenys padeda užtikrinti kokybės kontrolę ir sumažinti galimų nuostolių riziką. Didžiųjų duomenų analizė leidžia analizuoti transportavimo ir pristatymo duomenis ir įvertinti logistikos procesų efektyvumą. Surinkti duomenys gali būti naudojami transportavimo procesų tobulinimui ir veiklos planavimui ateityje. Skaitmeninės logistikos platformos leidžia užtikrinti sklandų informacijos perdavimą tarp tiekimo grandinės dalyvių iškrovimo metu. Tai padeda greičiau registruoti pristatymo faktą, dalintis duomenimis su klientais ir efektyviau koordinuoti tolimesnius logistikos procesus.

Vyrauja nuomonė, kad transportavimo procese aktualu naudoti sumaniąsias technologijas, kurios padeda sumažinti klaidų riziką, pagreitinoti procesus, užtikrinti fizinę darbuotų apkrovą ir pan.

Robotizacija ir automatizavimas. Pasak Ž. Zavišos (2023): „Sandėliavime naudojami robotai sorteriai, palečių pakrovimo, rūšiavimo robotai, plėvelės apvyniojimo robotai ir t. t. Padeda automatizuoti sandėlio operacijas“. Pasak autoriaus šios sumaniosios technologijos gali apriboti žmogiškąsias klaidas; sumažinti galimą darbuotojų traumų kilimą; padidinti produktyvumą; paspartinti sandėliavimo proceso efektyvumą ir užtikrinti sklandų darbą.

Autorius taip pat nurodo, kad šiame transportavimo etape aktualus ir didžiųjų duomenų naudojimas. Pasak autoriaus, efektyvus apdorojimas didelių kiekių struktūruotų ir nestrukūruotų analitinių duomenų iš įvairių šaltinių, naudojant programinius įrankius, siekiant jų tolimesnio efektyvaus panaudojimo (Zaviša, 2023). Šios sumaniosios technologijos prisideda prie greitesnio sprendimų priėmimo proceso; spartesnio duomenų apdorojimo ir jų analizės.

Autorių S. Karakas ir kt. (2024) teigimu, pakrovimo etape aktualus ir *Blockchain* naudojimas, kadangi čia jis užtikrina krovinių saugumą, jų efektyvumą. Tai patvirtina ir kitas autorius. Pasak Ž. Zavišos (2023) duomenų, dokumentų keitimosi, valdymo sistema, remiantis decentralizuota blokų grandine“. Autorius nurodo tokius *Blockchain* privalumus, kaip skaidrus, decentralizuotas, saugus keitimasis duomenimis tarp šalių; didelis saugumas, atsekamumas; atsisakoma dokumentų įvedimo rankiniu būdu, sumažėja klaidų; paprasta dokumentų verifikacija, greitis; kodavimas, siuntimas ir kt. (Zaviša, 2023).

Dirbtinis intelektas, kuris pastaruoju metu itin greitai vystosi ir yra naudojamas labai įvairiapusiųse logistikos procesuose: išmanieji įrenginiai, galintys atlikti užduotis, kurioms paprastai reikia žmogaus intelekto (Zaviša, 2023). Dirbtinis intelektas padeda patogiau išdėstyti prekes, taupant krovinio vietą; lengviau apskaičiuoti siuntų išmatavimus; išsirinkti norimas gabenti prekes iš plataus jų asortimento ir kt. (Pandian, 2019).

Autonominis transportas. Remiantis Ž. Zaviša (2023), autonominiai krautuvai puikiai susitvarko su krovimo, perkėlimo, padėjimo, paėmimo, rūšiavimo ir sandėliavimo funkcijomis. Kai kuriais atvejais autonominis transportas gali puikiai pakeisti konvejerines rūšiavimo sistemas, kurios užima daug vietos ir yra labai sudėtingos. Sandėlyje judantys savavaldžiai krautuvai gali ne tik atlikti jiems skirtas funkcijas, bet ir sujungus juos su sandėlio valdymo sistema. Taigi, tai dar viena sumaniąji technologija, puikiai prisidedanti prie sklandaus krovinio pakrovimo etapo užtikrinimo.

RFID sistema: naudojami radijo dažniai skaityti ir įrašyti informacijai, išsaugotai etiketėse, plačiai naudojama sandėliavimui ir sparčiai tobulėjant technologijai (Zaviša, 2023). Autorius nurodo tokius jos privalumus, kaip: greitesnis turimo inventoriaus suvaldymas, spartesnė inventorizacija, kaštų taupymas, klaidų kontrolė, efektyvesnis darbas, atsargų saugojimo laiko mažėjimas.

Atsižvelgiant į sparčią skaitmenizaciją, sumaniųjų technologijų taikymas tampa esminiu instrumentu ne tik siekiant optimizuoti transportavimo veiklas, bet ir užtikrinti jų tęstinumą, tvarumą ir konkurencingumą. Sumaniųjų technologijų reikšmė glaudžiai siejasi ir su šiuolaikinių iššūkių, kylančių logistikos sektoriui, mažinimu.

Daiktų interneto (IoT) reikšmė transportavimo procesuose. Daiktų internetas yra viena reikšmingiausių technologijų logistikos sektoriuje. IoT įrenginiai leidžia realiu laiku rinkti duomenis apie transporto priemonių judėjimą, jų techninę būklę ir krovinio parametrus. J. Macaulay ir kt. (2015) pabrėžia, kad IoT sprendimai didina tiekimo grandinės skaidrumą ir suteikia galimybę stebėti prekių judėjimą visoje grandinėje. Šios technologijos ypač svarbios temperatūrai jautrių produktų transportavime, kur net minimalūs nukrypimai gali lemti didelius finansinius nuostolius. Realus laiko stebėsena leidžia operatyviai reaguoti į rizikas ir užtikrinti kokybės reikalavimų laikymąsi. IoT padeda mažinti vagysčių ir krovinio praradimo riziką, nes leidžia nuolat stebėti transporto priemonių buvimą vietą realiu laiku. O. K. Efthymiou ir S. T. Ponis (2021) teigia, kad IoT plėtra logistikoje yra neišvengiama dėl didėjančio duomenų poreikio. IoT sprendimai taip pat sudaro prielaidas automatizuoti procesus ir mažinti žmogiškųjų klaidų tikimybę.

Dirbtinio intelekto ir didžiųjų duomenų analizės vaidmuo. Dirbtinis intelektas ir didžiųjų duomenų analizė tampa strateginiais įrankiais transportavimo procesuose. AI gali analizuoti eismo sąlygas, oro prognozes, buvusius istorinius duomenis ir paklauso svyravimus, padėti parinkti optimaliausius maršrutus (Woschank et al., 2020).

Didžiųjų duomenų analizė leidžia identifikuoti pasikartojančius modelius ir prognozuoti būsimus poreikius. G. Wang ir kt. (2016) teigia, kad duomenų analizė leidžia logistikos įmonėms pereiti prie duomenimis grįstų sprendimų

priėmimo, o tai didina veiklos efektyvumą. Šios technologijos padeda mažinti tuščius kilometrus, optimizuoti degalų sąnaudas, efektyviau planuoti reisu, gerinti transporto parko panaudojimą.

Transporto valdymo sistemų (TMS) reikšmė ir *Blockchain* technologijos galimybės. Transporto valdymo sistemos leidžia centralizuotai valdyti informaciją apie užsakymus, maršrutus ir transporto parką. K. Wolfgang ir kt. (2017) teigia, kad TMS sistemos gerina koordinavimą ir leidžia reaguoti į kintamus pokyčius. TMS taip pat mažina administracinę naštą ir didina veiklos skaidrumą. Centralizuotas duomenų valdymas leidžia greičiau priimti sprendimus ir gerinti komunikaciją tarp visų grandinių ir partnerių.

Blockchain užtikrina duomenų saugumą ir patikimumą. Y. Issaoui ir kt. (2020) pabrėžia, kad ši technologija mažina dokumentų klastojimo riziką ir didina pasitikėjimą tarp klientų ir užsakovų. Ji leidžia automatizuoti dokumentų valdymą ir didina informacijos atsekamumą.

Siekiant nustatyti sumaniųjų technologijų vaidmenį transportavimo proceso tobulinime, būtina išanalizuoti galimas tendencijas. 2 lentelėje aprašomos pagrindinės sumaniųjų technologijų diegimo kryptys, jų technologinis pagrindas ir nauda.

2 lentelė. Pagrindinės sumaniųjų technologijų diegimo tendencijos transportavimo procese

Table 2. Main trends in the implementation of smart technologies in the transportation process

Tendencija / Trend	Technologijos / Technologies	Poveikis transportavimo procesui / Impact on the transportation process	Šaltiniai / Sources
Skaitmenizacija ir realaus laiko informacijos sklaida	IoT, GPS, telemetriniai jutikliai	Transporto priemonių ir krovinių stebėseną realiu laiku; mažesnis žmogiškųjų klaidų skaičius; aukštesnis tiekimo grandinės matomumas	Chung (2021); Zaviša (2023)
Automatizavimas ir autonominės sistemos	ADAS, autonominiai krautuvai, robotai, dronai	Greitesnis krovinių pakrovimas/iškrovimas; didesnis saugumas; darbo našumo augimas	Choi et al. (2016); Turgut & Şeker (2023)
Duomenimis grįsti sprendimai (Big Data ir AI)	AI, ML, duomenų analitika	Maršrutų optimizavimas, sąnaudų mažinimas, vairuotojo elgsenos analizė, rizikų valdymas	Gopal et al. (2024); Du et al. (2025)
Dokumentų valdymo transformacija ir duomenų saugumas	Blockchain, eCMR	Procesų skaidrumas; greitesnis dokumentų perdavimas; apsauga nuo duomenų klastojimo	Idrissi et al. (2024)
Ryšio infrastruktūros modernizavimas	5G tinklai	Palanki terpė autonominiams sistemoms, IoT tinklams, didelės apimties realaus laiko duomenų perdavimui	European Commission (2024)

2 lentelės duomenimis, pagrindinės sumaniųjų technologijų taikymo tendencijos transportavimo procese apima skaitmenizaciją, automatizaciją, duomenų analitiką, dokumentų valdymo transformaciją ir ryšio infrastruktūros modernizavimą. Šios tendencijos tarpusavyje glaudžiai susijusios, nes kiekviena jų papildo kitą ir sudaro integruotą skaitmeninės logistikos ekosistemą. Pavyzdžiui, IoT ir realaus laiko duomenų perdavimas sukuria pagrindą Big Data analitikai ir AI algoritmams, kurie leidžia optimizuoti maršrutus, numatyti trikdžius ir valdyti veiklos rizikas. Automatizacija ir autonominės sistemos prisideda prie didesnio saugumo ir efektyvesnio darbo jėgos panaudojimo, o blockchain ir eCMR sprendimai didina dokumentų valdymo skaidrumą ir mažina administracinę naštą. 5G ryšio plėtra dar labiau sustiprina šių technologijų veikimą, užtikrindama greitą, stabilų ir nepertraukiamą duomenų srautą. Apibendrinant galima pastebėti, kad sumaniosios technologijos ne tik gerina atskiras transportavimo proceso funkcijas, bet ir transformuoja visą logistikos veiklos modelį, pereinant prie modernios, duomenimis grįstos, transporto sistemos.

Vyrauja nuomonė, kad skaitmenizacija transportavimo procesuose turi tiesioginį poveikį veiklos efektyvumui ir paslaugų kokybei. Skaitmeniniai sprendimai leidžia ne tik rinkti duomenis, bet ir juos analizuoti, taikyti praktiniuose sprendimuose.

Skaitmenizacijos poveikis transportavimo procesų efektyvumui. D. Ivanov ir kt. (2019) akcentuoja kad, skaitmenizacija leidžia tvarkyti tiekimo grandines ir numatyti galimus trikdžius, todėl įmonės gali greičiau reaguoti į pokyčius. Tai ypač aktualu transportavimo veikloje, kur vėlavimai gali lemti ne tik finansinius nuostolius, bet ir mažinti reputaciją. Skaitmeninės platformos leidžia integruoti skirtingas logistikos funkcijas į vieną sistemą, todėl sumažėja informacijos stagnacija. Tai sudaro sąlygas efektyvesniam koordinavimui tarp vežėjų, ekspeditorių ir klientų. Skaitmenizacija leidžia automatizuoti pasikartojančias užduotis, tokias kaip dokumentų pildymas ar užsakymų priėmimas, taip mažinant administracinę naštą.

Transportavimo procesų skaidrumo didinimas. Skaidrumas tampa vis svarbesniu veiksnium logistikoje. Klientai vis dažniau tikisi galimybes realiu laiku stebėti savo krovinius ir gauti tikslią informaciją apie pristatymo laiką. F. Kache ir S. Seuring (2017) teigia, kad skaidrumas tiekimo grandinėje didina pasitikėjimą tarp partnerių ir mažina konfliktų tikimybę. Sumaniosios technologijos leidžia užtikrinti duomenų atsekamumą ir tikslumą. Pavyzdžiui, GPS sekimo sistemos suteikia galimybę tiksliai nustatyti transporto priemonės buvimo vietą, o skaitmeninės platformos leidžia dalintis informacija tarp tiekimo grandinės dalyvių. Tai padeda išvengti informacijos vėlavimų ir galimų netikslumų.

Sumaniosios technologijos ir tvarumas. Pastaraisiais metais vis daugiau dėmesio skiriama tvarumui logistikoje. Sumaniosios technologijos gali prisidėti prie aplinkosauginių tikslų įgyvendinimo. Maršrutų optimizavimas leidžia mažinti degalų sąnaudas ir CO₂ emisijas. R. Dekker ir kt. (2012) nuomone, efektyvus transporto planavimas gali reikšmingai sumažinti neigiamą poveikį aplinkai. Skaitmenizacija leidžia geriau stebėti energijos suvartojimą ir surasti neefektyvius procesus. Tai sudaro prielaidas tvaresniam transportavimo veiklos organizavimui.

Organizaciniai pokyčiai ir darbuotojų kompetencijos. Technologijų diegimas reikalauja ne tik investicijų, bet ir organizacinių pokyčių. Darbuotojų skaitmeninės kompetencijos tampa vienu svarbiausių veiksnių, lemiančių sėkmingą technologijų integraciją. S. Bag ir kt. (2020) teigia, kad darbuotojų mokymas ir kvalifikacijos kėlimas yra būtinas skaitmenizacijos procesams. Įmonės, kurios investuoja į darbuotojų kompetencijų stiprinimą, dažniau pasiekia geresnių rezultatų diegdamos inovacijas. Priešingu atveju technologijos gali būti naudojamos neefektyviai arba visai neįsisavinamos.

Konkurencingumo didinimas. Sumaniosios technologijos gali tapti svarbiu konkurenciniu pranašumu. Įmonės, gebančios efektyviai valdyti duomenis ir optimizuoti procesus, gali pasiūlyti greitesnes ir patikimesnes paslaugas. Tai didina klientų pasitenkinimą ir lojalumą. Skaitmenizacija leidžia įmonėms greičiau prisitaikyti prie kintančių rinkos pokyčių. Tokiu būdu technologijos tampa ne tik veiklos efektyvinimo, bet ir strateginio valdymo priemone. Esminės sumaniųjų technologijų rūšys ir jų teikiama nauda transportavimo procesui aprašoma 3 lentelėje.

3 lentelė. Sumaniųjų technologijų rūšys ir jų nauda transportavimo procesuose

Table 3. Smart technologies and their benefits in transportation processes

Technologijos rūšis / Type of technology	Nauda / Benefit	Mokslinis šaltinis / Scientific source
Daiktų internetas / Internet of Things, IoT	Realiojo laiko krovinių stebėseną / Real-time cargo monitoring	Macaulay ir kt., 2015
Dirbtinis intelektas / Artificial intelligence, AI	Maršrutų optimizavimas / Route optimization	Woschank ir kt., 2020
Didieji duomenys / Big Data	Paklausos prognozavimas / Demand forecasting	Wang ir kt., 2016
Transporto valdymo sistemos / Transportation Management System, TMS	Centralizuotas transporto valdymas / Centralized transport management	Wolfgang ir kt., 2017
Blokų grandinė / Blockchain	Duomenų saugumas ir atsekamumas / Centralized transport management	Issaoui ir kt., 2020

Apibendrinant galima pastebėti, kad nepaisant sumaniųjų technologijų teikiamos naudos, jų diegimas logistikos įmonėse susiduria su įvairiais trikdžiais. Technologijų integraciją dažnai riboja didelės pradinės investicijos, darbuotojų esama kompetencijų stoka, infrastruktūros ribotumas ir pasipriešinimas pokyčiams. A. Rejeb ir kt. (2020) teigia, kad sėkmingas technologijų diegimas turi būti derinamas su darbuotojų mokymu ir organizacinių procesų pritaikymu, nes technologiniai sprendimai be tinkamo žmogiškųjų išteklių pasirengimo neduoda laukiamo rezultato. Todėl logistikos įmonėms svarbu ne tik investuoti į technologijas, bet ir teisingai komunikuoti su darbuotojais (išvengiant darbuotojų neigiamo nusistatymo sumaniųjų technologijų naudojimui), apmokant juos dirbti naujomis technologijomis, siekiant eliminuoti darbuotojų atmetimo reakcijas dėl žinių stokos.

Išvados

1. Sumaniųjų technologijų taikymas logistikos sektoriuje nuosekliai auga. Daiktų internetas, dirbtinis intelektas, didžiųjų duomenų analizė ir transporto valdymo sistemos išskiriamos kaip pagrindinės technologinės tendencijos, formuojančios šiuolaikinius transportavimo procesus.

2. Sumaniosios technologijos duoda reikšmingą naudą transportavimo procesams: leidžia optimizuoti maršrutus, gerinti duomenų valdymą, didinti veiklos skaidrumą ir priimti duomenimis grįstus sprendimus. Tai prisideda prie sąnaudų mažinimo, paslaugų kokybės gerinimo ir logistikos įmonių konkurencingumo stiprinimo.

Literatūra

1. Bag, S., Gupta, S., & Kumar, A. (2020). Industry 4.0 adoption and 10R advance manufacturing capabilities for sustainable development. *International Journal of Production Economics*, 231, 107844. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107844>
2. Choi, S., Thalmayr, F., Wee, D., & Weig, F. (2016). Advanced driver-assistance systems: Challenges and opportunities ahead (Vol. 11). McKinsey & Company. Prieiga per internetą: www.mckinsey.com/~/media/McKinsey/Industries/Semiconductors/Our%20Insights/Advanced%20driver%20assistance%20systems%20Challenges%20and%20opportunities%20ahead/Advanced%20driver%20assistance%20systems.pdf (žiūrėta 2026-03-22)
3. Chung, S. H. (2021). Applications of smart technologies in logistics and supply chain management. *Sustainability*, 13(4), 102455. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2021.102455>

4. Dekker, R., Bloemhof, J., & Mallidis, I. (2012). Operations research for green logistics: An overview of aspects, issues, contributions and challenges. *European Journal of Operational Research*, 219(3), 671–679. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2011.11.010>
5. Efthymiou, O. K., & Ponis, S. T. (2021). Industry 4.0 technologies and their impact in contemporary logistics: A systematic literature review. *Sustainability*, 13(21), 11643. <https://doi.org/10.3390/su132111643>
6. European Commission. (2024). Decade country report: Lithuania (2024). Prieiga per internetą: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/digital-decade-2024-country-reports> (žiūrėta 2026-03-22)
7. Gopal, P. R. C., Kadari, P., Thakkar, J. J., & Mawandiya, B. K. (2024). Key performance factors for integration of Industry 4.0 and sustainable supply chains: a perspective of Indian manufacturing industry. *Journal of Science and Technology Policy Management*, 15(1), 93–121. <https://doi.org/10.1108/JSTPM-10-2021-0151>
8. Idrissi, Z. K., Lachgar, M., & Hrimech, H. (2024). Blockchain, IoT and AI in logistics and transportation: A systematic review. *Transport Economics and Management*, 2, 275–285. <https://doi.org/10.1016/j.team.2024.09.002>
9. Issaoui, Y., Khiat, A., Bahnasse, A., & Ouajji, H. (2020). Smart Logistics: Blockchain trends and applications. *J. Ubiquitous Syst. Pervasive Networks*, 12(2), 9–15. <https://doi.org/10.5383/JUSPN.12.02.002>
10. Ivanov, D., Dolgui, A., & Sokolov, B. (2019). The impact of digital technology and Industry 4.0 on supply chain risk analytics. *International Journal of Production Research*, 57(3), 829–846. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1488086>
11. Kache, F., & Seuring, S. (2017). Challenges and opportunities of digital information at the intersection of Big Data analytics and supply chain management. *International Journal of Operations & Production Management*, 37(1), 10–36. DOI 10.1108/IJOPM-02-2015-0078
12. Karakas, S., Acar, A. Z., & Kucukaltan, B. (2024). Blockchain adoption in logistics and supply chain: A literature review and research agenda. *International Journal of Production Research*, 62(22), 8193–8216. <https://doi.org/10.1080/00207543.2021.2012613>
13. Macaulay, J., Buckalew, L., & Chung, G. (2015). Internet of Things in logistics. DHL Trend Research & Cisco Consulting Services. Prieiga per internetą: <https://www.dhl.com/discover/content/dam/dhl/downloads/interim/full/dhl-trend-report-internet-of-things.pdf>
14. Pandian, A. P. (2019). Artificial intelligence application in smart warehousing environment for automated logistics. *Journal of Artificial Intelligence and Capsule Networks*, 1(2), 63–72. <https://doi.org/10.36548/jaicn.2019.2.002>
15. Rejeb, A., Rejeb, K., Simske, S., & Treiblmaier, H. (2021). Blockchain technologies in logistics and supply chain management: a bibliometric review. *Logistics*, 5(4), 72. <https://doi.org/10.3390/logistics5040072>
16. Wang, G., Gunasekaran, A., Ngai, E. W. T., & Papadopoulos, T. (2016). Big data analytics in logistics and supply chain management: Certain investigations for research and applications. *International Journal of Production Economics*, 176, 98–110. <https://doi.org/10.1016/j.iipe.2016.03.014>
17. Wolfgang, K., Thorsten, B., & Christian, R. (2017). Digitalization in supply chain management and logistics: Smart and digital solutions for an Industry 4.0 environment. *Proceedings of the Hamburg International Conference of Logistics (HICL)*, 23. <http://hdl.handle.net/10419/209192>
18. Woschank, M., Rauch, E., & Zsifkovits, H. (2020). A review of further directions for artificial intelligence, machine learning, and deep learning in smart logistics. *Sustainability*, 12(9), 3760. <https://doi.org/10.3390/su12093760>
19. Zaviša, Ž. (2023). Sumanios technologijos ir jų naudojimo galimybės logistikoje. In *Young Scientist, Conference / Jaunasis mokslininkas, konferencija* (pp. 168–173). ISSN 1822-9913

THE SIGNIFICANCE OF SMART TECHNOLOGIES IN THE TRANSPORTATION PROCESSES OF LOGISTICS COMPANIES

Abstract

The transport and logistics sector has been undergoing rapid digitalization in recent years, which is transforming traditional principles of transportation organization and increasing the importance of technological solutions. With the growing complexity of supply chains, rising customer expectations, and increasing market competition, logistics companies are increasingly adopting smart technologies to manage transportation processes more efficiently, optimize resource use, and improve service quality. Technologies such as the Internet of Things (IoT), artificial intelligence (AI), big data analytics, transport management systems, and digitalized document management enable real-time monitoring of transportation processes, reduce operational uncertainty, and enhance decision-making. The aim of this article is to analyze the significance of smart technologies in the transportation processes of logistics companies. The study is based on scientific literature analysis and the generalization method, which allowed the evaluation of technology application trends, their benefits, and limitations. The results show that smart technologies contribute to higher operational efficiency, cost reduction, and transparency in transportation processes. However, their implementation is limited by investment needs, differences in infrastructure development, and a lack of employee competencies. The article emphasizes that the integration of smart technologies is becoming an important factor in increasing the competitiveness of logistics companies.

Keywords: logistics, transportation processes, smart technologies, digitalization, artificial intelligence, operational efficiency.