

PAŽANGIŲ TECHNOLOGIJŲ TAIKYMAS VYSTANT ŽALIAJĄ LOGISTIKĄ

IEVA KAVECKĖ¹, JURGITA PAUŽUOLIENĖ²

Klaipėdos valstybinė kolegija (Lietuva)

ANOTACIJA

Pažangios technologijos logistikoje leidžia efektyviau valdyti tiekimo grandinę, optimizuoti procesus, mažinti sąnaudas ir priimti tvaresnius sprendimus bei suteikia galimybę logistikos įmonėms spręsti sudėtingus iššūkius, kurie susiję su krovinų pristatymu, sandėliavimu, atsargų ir tiekimo grandinės valdymu. Šios technologijos logistikoje apima maršrutų planavimo programas, transporto priemonių intelektines technologijas, dirbtinio intelekto panaudojimą klientų aptarnavimo sektoriuje, pažangias sandėliavimo sistemas ir pan. Straipsnyje keliamas tikslas – ištirti logistinių įmonių pažangių technologijų taikymą vystant žaliąją logistiką. Atliktas tyrimas su penkiolikos logistinė veiklą vykdančių įmonių atstovais atskleidė, kad taikomos pažangios technologijos įmonei leidžia prisidėti prie tvaresnių sprendimų: tinkamai valdyti atsargas, mažinti emisijas bei veiklos sąnaudas, naudoti mažiau energijos. Šių technologijų taikymas įmonėms leidžia optimizuoti operacijas, didinti veiklos efektyvumą, teikti kokybiškesnės paslaugas ir geriau prisitaikyti prie kintančių rinkos sąlygų. Taikyti metodai: literatūros analizė, sintezė, anketinė apklausa.

PAGRINDINIAI ŽODŽIAI: *žalioji logistika, intelektinės / pažangios technologijos, transportas.*

JEL KLASIFIKACIJA: L91; Q55; Q01.

DOI: <https://doi.org/10.15181/rfds.v42i1.2611>

Įvadas

Logistika yra ekonominės veiklos, prekybos ir globalizacijos pagrindas. Iš esmės logistika apima įvairias veiklas: krovinų transportavimą, sandėliavimą, pakavimą, pakrovimą ir iškrovimą bei tvarkymą. Tinkama prekė, tinkamu laiku, reikiamoje vietoje ir tinkamos būklės – tokie žinomi logistikos bei apskritai gabenimo reikalavimai. Tačiau šių reikalavimų vykdymas dinamiškai kintančioje logistikos aplinkoje tampa vis sudėtingesnis. Logistikos pramonė susiduria su augančiu neigiamu poveikiu aplinkai ir klimatui. Be to, didžiąją dalį anglies dioksido emisijų lemia transportavimas, sandėliavimas ir pakavimas. Taigi nuolat tobulėjant skaitmeninėms ir kitoms naujoms technologijoms bei proveržiams, logistikos pramonė tampa vis pažangesnė (Federal Ministry for the Environment..., 2022). Nuo tradicinių tiekimo grandinių pereinama prie atvirų tiekimo tinklų. Ilgalaikius verslo santykius užvaldo trumpalaikiai verslo ryšiai. Labai dinamiškos logistikos rinkos ir didėjantis logistikos tinklų sudėtingumas verčia taikyti naujus metodus, kurti naujus produktus bei paslaugas. Ypač svarbūs tampa tokie aspektai kaip lankstumas, gebėjimas prisitaikyti, iniciatyvumas, to galima pasiekti tik integruojant naujas technologijas. Pažangių technologijų integravimas į logistikos procesus ypač svarbus. Technologijos leidžia centralizuoti informaciją, trumpinti pristatymo laiką ir mažinti sąnaudas. Kiekvienas logistikos procesas, pertvarkomas diegiant technologines naujoves, yra svarbus veiksnys logistikos įmonėms siekiant tvaraus augimo, pelningumo ir konkurencinio pranašumo (Akkaya, Kaya, 2019).

¹ Ieva Kaveckė – Klaipėdos valstybinės kolegijos Verslo fakulteto Verslo administravimo katedros lektorė
Moksliniai interesai: logistika, žalioji logistika, transporto sistemos
El. paštas: i.kavecke@kvk.lt

² Jurgita Paužuolienė – Klaipėdos valstybinės kolegijos Verslo fakulteto Verslo administravimo katedros docentė, socialinių mokslų krypties daktarė
Moksliniai interesai: socialinė atsakomybė, darnus vystymasis, žalioji logistika, organizacinė kultūra
El. paštas: j.pauzuoliene@kvk.lt

Logistikoje imta taikyti tokias pažangias technologijas, kaip daiktų internetas, dirbtinis intelektas, išmaniųjų jutiklių technologija, pažangios sandėliavimo sistemos, 3D technologijos, automatinis transportas, maršrutų planavimo programos ir kt. (Tang, Veelenturf, 2019; Akkaya, Kaya, 2019). Diegiant pažangias technologijas įvairiose srityse, siekiama mažinti aplinkai daromą žalą ir didinti veiklos efektyvumą.

Keliamas probleminis klausimas: kokias pažangias technologijas taiko logistikos įmonės, prisidedamos prie žaliosios logistikos vystymo?

Tyrimo tikslas: iširti logistinių įmonių pažangių technologijų taikymą vystant žaliają logistiką.

Metodai: literatūros analizė, sintezė, kiekybinis tyrimas – anketinė apklausa.

1. Žaliosios logistikos esmė

Žalioji logistika suvokiama kaip organizacijų įnašas į tvarų augimą (Kurbatova ir kt., 2020), siekiant užtikrinti būsimų kartų galimybes tenkinti savo poreikius, mažinant šiltnamio dujų išmetimą socialiai ir ekonomiškai tvariu būdu (Aktas ir kt., 2018). Taigi keliamas tikslas – apskaičiuoti ir maksimaliai redukuoti logistikos sektoriaus poveikį gamtai (Larina ir kt., 2021; Patra, 2018), optimizuoti išteklius, mažinti energijos sąnaudas ir atliekų kiekį, kuo efektyviau naudoti gamtos išteklius bei tenkinti socialinius lūkesčius dėl aplinkos apsaugos (Lai, Wong, 2012). Tai ekologiškų transporto priemonių naudojimas, energijos efektyvumo didinimas, atliekų mažinimas, pakuočių perdirbimas ir pernaudojimas bei kitos praktikos. Tai strategijų ir iniciatyvų, susijusių su tiekimo grandinės valdymu, visuma, ypatingą dėmesį skiriant žaliavų ir atliekų apdorojimui, aplinkai nekenkiančioms pakuotėms ir transportavimo būdams, siekiant minimizuoti gaminių pristatymo nulemtą aplinkos ir energijos naudojimo poveikį (Seroka-Stolka, Ociepa-Kubicka, 2019). Be to, žalioji logistika skatina atsižvelgti į socialinius ir ekonominės veiklos aspektus, siekiant užtikrinti, kad į verslo veiklą būtų integruoti darnaus vystymosi principai. Šių veiksmų imamasi siekiant užsitikrinti konkurencinę padėtį rinkoje, atsižvelgiant į klientų poreikius. Tai apima socialinės atsakomybės principų laikymąsi, darbuotojų gerovės skatinimą bei vietinių bendruomenių įtraukimą į veiklą. Siekiama apsaugoti aplinką ir skatinti tvarią gamybos praktiką (Karaman ir kt., 2020; Rizvi ir kt., 2020). Žaliosios logistikos pagrindiniai principai apima: efektyvų išteklių naudojimą; neperdirbamų žaliavų ir pakuočių minimizavimą; gamybos atliekų, konteinerių ir pakuočių, kaip antrinių žaliavų, maksimalų naudojimą arba jų šalinimą nekenkiant aplinkai; aplinkosaugos švietimo ir darbuotojų atsakomybės skatinimą; inovacijų ir technologijų, mažinančių poveikį aplinkai, diegimą ir pan. (Dzwigol, Truskina, Kwilinski, 2021).

Žaliosios logistikos įgyvendinimas leidžia didinti laiku pristatomų prekių kiekį, tinkamai išnaudoti išteklius, gerinti produktų ar paslaugų kokybę, diversifikuoti produktų asortimentą ir mažinti atliekų kiekį. Be to, žaliają logistiką taikantys verslai gauna ekonominės naudos – mažėja žaliavų pirkimo, energijos sąnaudos, atliekų tvarkymo ir šalinimo mokesčiai, kartu mažinamas neigiamas poveikis aplinkai (Sidek ir kt., 2021). P. K. Patra (2018) pateikia vieną pagrindinių priežasčių, kodėl įmonės renkasi ekologiškumą, – dėl konkurencinio pranašumo didinimo. Intensyvus žaliosios logistikos integravimas gali ne tik mažinti pramonės pėdsaką aplinkai, bet ir palaikyti ar net pagerinti produktų kokybę, didinti veiklos patikimumą ir energetinį efektyvumą, mažinant sąnaudas (Mousaredeh ir kt., 2014). Žaliosios logistikos esmė – siekis versle įgyvendinti ambicingus aplinkosaugos tikslus, garantuojant vartotojų poreikių tenkinimą minimaliomis sąnaudomis, kuo mažiau anglies dioksido išskiriant į aplinką.

2. Pažangios logistikos technologijos

Pažangios technologijos keičia logistikos ir transporto sektorių, suteikdamos įmonėms galimybę didinti efektyvumą, mažinti išlaidas ir poveikį aplinkai. Logistikoje aktyviai naudojamos įvairios pažangios technologijos, leidžiančios optimizuoti įvairius procesus: sandėlio valdymo sistemos (pvz., *Warehouse Management System* – WMS), daiktų internetas, leidžiantis stebėti ir valdyti transporto priemones bei krovinius realiuoju laiku, EDI (angl. *Electronic Data Interchange*), naudojamas elektroninių duomenų mainams, RFID (angl. *Radio Frequency Identification*) technologija, skirta duomenų automatiniam atpažinimui, palydovinės navigacijos sistemos (tokios kaip GPS ir GLONASS), leidžiančios stebėti prekių judėjimą. Pasaulio mastu

interneto technologijos, ypač logistikos sektoriuje, turi didžiulę reikšmę, kadangi jos radikalčiai transformavo tradicinę logistikos sampratą. Prekių sekimo procesas apima ne tik krovinių vežančias transporto priemones, jų buvimo vietas nustatymą, bet ir krovinių būklės bei statuso (pakrovimo į transporto priemonę ir iškrovimo iš jos veiksmus, laukimą sandėlyje ir pan.) stebėjimą (Žaludienė ir kt., 2021). Pasitelkus naujausias komunikacijos technologijas ir skaitmeninius sprendimus, realiu laiku galima rinkti duomenis apie transporto priemonių ir transporto konteinerių buvimo arba prekių saugojimo ir paskirstymo vietas. Be to, galima naudoti įdiegtus objektų identifikavimo, registravimo ar rezervavimo sekiklius arba (RFID) žymas. Pažangios logistikos technologijos gali mažinti energijos suvartojimą ir anglies dvideginio išmetimą, atliekų kiekį (Federal Ministry for the Environment..., 2022).

Dirbtinio intelekto taikymo galimybės logistikoje gali būti įvairios, tai priklauso nuo organizacijos tikslų. Puikus dirbtinio intelekto pritaikymo pavyzdys yra sandėlio valdymo ir dirbtiniu intelektu (AI) pagrįstų vaizdo stebėjimo sistemų integracija, siekiant sandėlio valdymo lankstumo, aiškumo ir autonomiškumo (Ng ir kt., 2021). Dirbtinio intelekto technologija paremti sprendimai ne tik leidžia efektyviai valdyti sandėlius, bet ir automatiškai atpažinti prekes, stebėti jų judėjimą ir analizuoti duomenis. Greičiau reaguodama į paklausos ir tiekimo pokyčius organizacija gali optimizuoti sandėlio veiklą. Be to, dirbtinis intelektas sandėlio valdymo procesuose gali užtikrinti prekių saugumą ir mažinti vagysčių riziką, sistemai nustatant netipinius ar įtarimų keliančius veiksmus. Kai kurių autorių teigimu (Kumar ir kt., 2021; Marino, 2023; Tiwari, 2023), išmanusis sandėliavimas yra veiksmingiausias įmonių investicijų grąžos didinimo būdas, siekiant tikslumo ir našumo, gerinant bendrą paslaugų kokybę, mažinant išlaidas, gedimus bei rankų darbo sąnaudas. Įmonės pripažįsta, kad prisitaikyti prie besikeičiančios konkurencinės verslo aplinkos padeda išmaniosios skaitmeninės technologijos ir integruotos sandėlių valdymo sistemos (Kumar ir kt., 2021).

Kitas dirbtinio intelekto pritaikymo pavyzdys logistikoje – maršrutų optimizavimas. Naudojant AI algoritmus, galima efektyviau planuoti maršrutus, atsižvelgiant į daugybę kintamųjų, tokių kaip eismo sąlygos, krovinių tipai ir pristatymo terminai. Tai mažina laiko ir išteklių švaistymą ir didina bendrą logistikos veiklos efektyvumą. Maršruto planavimo sistemos klientams (geresnis aptarnavimas, didesnis patikimumas, trumpesnis pristatymo laikas, greitas reagavimas į specialias užklausas), valdymui (didėja skaidrumas, nepriklausomybė nuo planuotojo intuicijos, paprastesnis naujų darbuotojų mokymas, patikimi duomenys priimančioms sprendimams) ar planuotojams (įprastų užduočių ir klaidų mažinimas) suteikia nemažai privalumų (Košíček ir kt., 2012).

Dirbtinis intelektas (DI) – vis plačiau klientų aptarnavime taikoma technologija. Ji apima įvairius sprendimus, pradedant automatizuotais klientų aptarnavimo robotais ir baigiant pažangiomis analitinėmis sistemomis. Vienas dažniausių dirbtinio intelekto taikymo pavyzdžių aptarnaujant klientus yra virtualūs asistentai (angl. *chatbot*). Šios automatinės sistemos gali atsakyti į dažniausiai užduodamus klientų klausimus, teikti pagalbą arba netgi vykdyti elementarias užduotis, taupant kliento laiką, kol jis laukia aptarnavimo specialisto pagalbos. Šios technologijos užtikrina klientų pasitenkinimą, gerina paslaugų kokybę ir didina darbo našumą (Wirtz, Zeithaml, 2018). Visų dirbtinio intelekto sprendimų įgyvendinimas aptarnaujant klientus ne tik spartina šį procesą, bet ir mažina įmonės išlaidas, didina klientų patirtį ir lojalumą bei gerina bendrą įmonės veiklos efektyvumą. Tik svarbu laikytis etikos ir privatumo principų, siekiant užtikrinti skaidrumą ir klientų duomenų saugumą.

Daiktų internetas (IoT) apima pramonės įrenginius, kurie sąveikauja per internetą, siekdami gauti ir analizuoti duomenis ar kontroliuoti įrenginius iš toli. Ši technologija apibūdinama kaip pasaulinės informacinės visuomenės infrastruktūra, kuri suteikia galimybę integruoti pažangias paslaugas, susiejant fizinį ir skaitmeninį pasaulius, taikant dabartines ir besiplečiančias informacines bei komunikacines technologijas. J. Hopkins'as ir P. Hawking'as (2018) nurodo, kad RFID etikečių naudojimas prekėms žymėti ir stebėti yra vienas iš daiktų interneto (IoT) naudojimo atvejų. Daiktų internetas (IoT) leidžia fizinius elementus, pvz., sunkvežimius, susieti su interneto įgalintais įrenginiais ir sistemomis. Pasitelkus daiktų internetą, logistikos procesai ir programos buvo perkelti į išmaniają aplinką (Akkay, Kaya, 2019). Daiktų internetas sudaro galimybes tobulinti transporto sektorių, pavyzdžiui, S. Kumar'as ir A. Dash (2017) mini šiuos daiktų interneto technologijos integravimo transporto sektoriuje privalumus: atstumo, kurį reikia nuvažiuoti transporto priemone, optimizavimas mažina degalų sąnaudas ir didina pelną; visuomenės saugumas kontroliuojant eismą, atsižvelgiant į transporto priemonių skaičių; efektyvus prekių ir medžiagų tvarkymas ir pan.

Duomenų skaitmeninimas leidžia susieti įvairias veiklas, siekiant generuoti papildomą naudą galutiniam produktui ir jo vartotojams (Oztemel, Gursev, 2020). Skaitmeninimo procesas apima dokumentų skaitmeninimą. Pasitelkus technologijas gali būti išanalizuoti ir kataloguoti tūkstančiai dokumentų, jais galima keistis per kelias sekundes. Tačiau tai tik vienas iš informacijos skaitmeninimo privalumų, jų yra gerokai daugiau (žr. 1 lentelę).

1 lentelė. Informacijos skaitmeninimo pavyzdžiai

Informacijos skaitmeninimo pavyzdžiai	Nauda
Efektyvumas ir klaidų mažinimas	Informacija perduodama greičiau, todėl taupomas laikas ir išvengiama darbuotojų daromų klaidų
Mažesnė administracinė našta vairuotojams	Vairuotojai negaišta laiko popierinių dokumentų pildymui
Popieriaus naudojimo ir saugojimo minimizavimas	Sutaupoma vietos dokumentų laikymui, dokumentai apdorojami greičiau
Geresnė įrangos ir personalo kontrolė	Dokumentacijos perdavimas skaitmeniniu formatu vyksta akimirksniu, tai palengvina priemonių valdymą pritaikant kiekvienos paslaugos poreikiams
Greitesnis sąskaitų faktūrų apdorojimas	Skaitmeninės dokumentacijos sparta leidžia pagreitinti administracines mokėjimo už logistikos paslaugas procedūras
Daugiau skaidrumo	Skaitmeninė dokumentacija perduodama daug greičiau ir patikimiau nei popierinė. Tai leidžia kurti skaidresnę aplinką tarp skirtingų tiekimo grandinės dalyvių

Sudaryta autorių, remiantis atlikta analize.

Įgyvendinant pažangias technologijas būtina išnagrinėti visas galimas parinktis ir nustatyti, kuri jų priimtinausia finansiniu, priežiūros bei pritaikymo aspektais (Vincent, Tadesse, 2020). Vienas veiksnių, skatinančių įmones investuoti į pažangias technologijas, yra rizikos mažinimo siekis (Wang ir kt., 2019). Tai gali apimti saugumo sistemų diegimą, duomenų analizės priemonių naudojimą ar net automatizavimo sprendimus, kurie mažina žmogiškos klaidos riziką. Kitas svarbus veiksnys – pakitę klientų lūkesčiai, skatinantys įmones investuoti į naujas technologijas. Vartotojai reikalauja patogumo ir greitumo, tad įmonės turi prisitaikyti ir teikti šiuos poreikius atitinkančias paslaugas bei produktus. Taigi įmonėms svarbu nuolat stebėti rinkos tendencijas ir lanksčiai reaguoti, kad galėtų sėkmingai konkuruoti rinkoje.

3. Tyrimo metodika

Atliktas kiekybinis tyrimas – anketinė apklausa penkiolikoje logistikos įmonių. Įmonėms parengta anкета – trys klausimai, kuriais siekta išsiaiškinti: įmonių pažangių technologijų taikymą; įžvelgiamą pažangių technologijų naudą plėtojant žaliąją logistiką; ateityje planuojamas diegti pažangias technologijas. Iš viso tyrimui pasirinkta dvidešimt logistinę veiklą vykdančių įmonių. Jos atrinktos pagal šiuos kriterijus: įmonė vykdo logistinę veiklą; įmonėje vykdoma tvarumo / socialinės atsakomybės / žaliosios logistikos veikla. Tyrimui pasirinktos organizacijos veikia Klaipėdos rajone, bet dalis jų turi filialus visoje Lietuvoje.

Apklausoje dalyvavo vadovai ir specialistai, susipažinę su organizacijos veikla ir organizacijoje taikomomis pažangiomis technologijomis. Su kiekviena įmone asmeniškai susisiekiama ir paprašyta dalyvauti apklausoje. Apklausoje sutiko dalyvauti penkiolika specialistų iš logistikos įmonių. Didžioji dalis (53 %) dalyvių buvo iš didelių organizacijų, kurių darbuotojų skaičius viršija 250; 33 % – iš smulkaus ir vidutinio dydžio įmonių, kurių darbuotojų skaičius yra nuo 51 iki 250; po vieną specialistą iš mažos bei labai mažos įmonės. Didžioji dalis įmonių turi aiškia darnaus vystymosi strategiją, rengia socialinės atsakomybės ataskaitas bei prisideda prie žaliosios logistikos įgyvendinimo.

Tyrimo etika. Įmonės į tyrimą įsitraukė savanoriškai. Visiems dalyviams pateikta informacija apie tyrimo siekius ir suteikta galimybė susipažinti su jo išvadomis. Be to, tyrimo dalyviai buvo informuoti, kad jų asmens duomenys liks anonimiški ir konfidencialūs, bus skelbiama bendro pobūdžio atliekant tyrimą surinkta informacija.

4. Tyrimo rezultatai

Apklausoje rezultatai atskleidė, kad daugiausia įmonės savo veikloje taiko išmaniąsias krovinių sekimo realiu laiku technologijas, kurios leidžia klientams sekti savo krovinio buvimo vietą. Šias technologijas taiko 13 (87 proc.) apklausoje dalyvavusių įmonių. Be to, įmonės taiko pažangias dokumentų skaitmenizavimo technologijas – 10 (67 proc.) įmonių; maršrutų planavimo programas / optimalaus maršruto parinkimo programas – 8 (53 proc.) įmonės. Po 7 (47 proc.) įmonės taiko transporto priemonių intelektines technologijas, kurios informuoja vairuotoją apie galimą pavojų vairuojant arba gali sekti transportuojamo krovinio būklę; duomenų analizės ir prognozavimo modeliavimo technologijas, kurios leidžia analizuoti duomenis ir prognozuoti paklausą, taip valdyti krovinių srautus. Įmonės, produktų gamyboje taikančios pažangias gamybos proceso automatizavimo technologijas, trumpina gamybos ciklą, taip teigia 4 (27 proc.) įmonės. Be to, 4 (27 proc.) įmonės klientų aptarnavimo sektoriuje pasitelkia dirbtinį intelektą. Kai kurios įmonės (27 proc.) taiko ir pažangias vairuotojų elgsenos analizės technologijas, kurios leidžia stebėti ir analizuoti ekonomišką vairavimo rodiklius. Viena įmonė (7 proc.) savo veikloje taiko pažangias sandėliavimo technologijas, kaip robotus, kurie vietoj žmogaus atlieka užsakymų surinkimą ir / ar pakavimą (žr. 2 lentelę). Įmonės galėjo pateikti klausimyne nepaminėtas jų veikloje taikomas pažangias technologijas, kurios prisideda prie žaliosios logistikos vystymo ir veiklos efektyvumo. Buvo paminėti automatiniai vartai, kurie be žmogaus padeda transporto priemonei pasiekti pasikrovimo / išsikrovimo vietą terminale bei taiko automatizuotas programas, nenaudojant rankų darbo.

2 lentelė. Pažangios / intelektinės įmonių veikloje taikomos technologijos

Pažangios / intelektinės įmonėse taikomos technologijos	Įmonių, kurios taiko pažangias / intelektines technologijas, skaičius
Išmaniosios krovinių sekimo realiu laiku technologijos	13 (87 %)
Dokumentų skaitmenizavimas	10 (67 %)
Maršrutų planavimo / optimizavimo programos	8 (53 %)
Duomenų analizės ir prognozavimo modeliavimo technologijos	7 (47 %)
Intelektinės transporto priemonių technologijos	7 (47 %)
Pažangios gamybos proceso technologijos	4 (27 %)
Dirbtinis intelektas aptarnaujant klientus	4 (27 %)
Vairuotojų elgsenos analizės technologijos	4 (27 %)
Pažangios sandėliavimo technologijos	1 (7 %)
Autonominės siuntų pristatymo transporto priemonės	-

Sudaryta autorių, remiantis 2024 metais atlikto tyrimo rezultatais.

Apklausoje dalyvavusios įmonės pateikė nuomonę, kuo naudingos įmonių veikloje taikomos pažangios technologijos vystant žaliąją logistiką. Apibendrintai galima teigti, jog visos įmonės neabejotinai sutinka su teiginiu, kad pažangios technologijos vienaip ar kitaip prisideda prie žaliosios logistikos vystymo. Apklausoje dalyvavusių įmonių atstovai sutinka, kad pažangių technologijų taikymas veikia finansinius įmonių rodiklius, t. y. leidžia sutaupyti įvairiose srityse. Pusė apklausoje dalyvavusių įmonių atstovų sutinka, kad pažangios transporto priemonėse taikomos technologijos gali užtikrinti vairuotojų saugumą ir optimizuoti

atsargų lygį. 10 (71 proc.) įmonių visiškai sutinka arba sutinka, kad pažangios technologijos leidžia mažinti bendras veiklos sąnaudas, prisideda prie emisijų mažinimo, optimizavus maršrutus sunaudojant mažiau kuro efektyviau naudojami išteklių, pvz., taikant pažangias sandėliavimo technologijas, didėja sandėlio operacijų efektyvumas, mažėja klaidų tikimybė.

Tyrimo dalyvavusių įmonių klausta, kokias pažangias technologijas planuoja įsidiesti ateityje, kurios padėtų vystyti žaliąją logistiką. Apibendrinti rezultatai pateikti 3 lentelėje.

3 lentelė. Planuojamos diegti pažangios technologijos

Eil. nr.	Planuojamos įmonėse diegti intelektinės / pažangios technologijos	
1.	Kroviniams vežti naudoti naujas pažangias transporto priemones, užtikrinančias mažesnę arba nulinę aplinkos taršą	Elektriniai vilkikai
		Dujiniai vilkikai
		Vandeniniai vilkikai
		Metanoliu varomos transporto priemonės
2.	Naudojama atsinaujinanti energija	Saulės baterijos, naudojamos ant vilkikų puspriekabių
		Saulės baterijos, naudojamos ant sandėlių stogų
3.	Informacijos / dokumentų skaitmeninio technologijos	Kompiuterinės sistemos / robotai, leidžiantys apdoroti įvairią informaciją elektroniniu būdu
		Elektroniniai dokumentų archyvai, skaitmeniniams dokumentams archyvuoti
4.	Dirbtinis intelektas	Klientų aptarnavimui
		Duomenims analizuoti

Sudaryta autorių, remiantis 2024 metais atlikto tyrimo rezultatais.

Galima matyti, kad įmonės ateityje siekia investuoti į įvairias pažangias technologijas, kurios leis dar intensyviau vystyti žaliąją logistiką ir taip prisidėti prie tvarumo bei socialinės atsakomybės plėtojimo. Taigi logistinėms įmonėms svarbu savo vykdoma veikla daryti kuo mažesnę poveikį aplinkai. Diegiant ir integruojant tokias intelektines / pažangias technologijas, įmonės tampa ne tik konkurencingesnės, bet gali efektyviau dirbti, kas ilgainiui lemia ekonominę naudą.

Apklauskos rezultatai atskleidė, kad visos tyrimo dalyvavusios logistinės įmonės, įsidięsusios vienas ar kitas pažangias technologijas, skaitmenina procesus bei ateityje planuoja dar intensyviau prisidėti prie žaliosios logistikos. Pastebima, kad pažangios technologijos logistikos sektoriuje lemia įmonių veiklos efektyvumą, saugumą ir draugiškumą aplinkai. Įmonės, aktyviai integruojančios šias technologijas į savo veiklą, gali pasiekti reikšmingą konkurencinį pranašumą, sumažinti veiklos sąnaudas ir didinti klientų pasitenkinimą.

Išvados

Pažangios technologijos logistikoje atlieka reikšmingą vaidmenį. Jas diegdamos įmonės gali būti konkurencingos rinkoje, didinti savo veiklos efektyvumą ir tenkinti vis sudėtingesnius vartotojų poreikius. Pažangios logistikos technologijos leidžia organizacijoms sutaupyti lėšų optimizuojant savo veiklą, gerinti klientų aptarnavimą, didinti krovinių gabenimo efektyvumą bei siekti tvaresnių aplinkosaugos tikslų, taip prisidedant prie žaliosios logistikos vystymo. Organizacijoms svarbu atsižvelgti į konkrečius poreikius ir tikslus bei tinkamai taikyti pažangias technologijas siekiant maksimalios naudos.

Tyrimo rezultatai atskleidė, kad logistikos sektoriuje taikoma nemažai pažangių technologijų, ypač dažnos išmaniosios krovinių sekimo realiu laiku, dokumentų skaitmenizavimo ir maršrutų optimizavimo programos. Beveik pusė apklaustų įmonių taiko transporto priemonių intelektines technologijas ir duomenų analizės bei

prognozavimo modeliavimo sistemas, siekdamas pagerinti veiklos saugumą, efektyvumą ir krovinių srautų valdymą. Mažesnė dalis įmonių įdiegė pažangias gamybos automatizavimo ir klientų aptarnavimo technologijas naudojant dirbtinį intelektą. Įmonės pripažino, kad šios technologijos ne tik leidžia mažinti išlaidas ir optimizuoti veiklą, bet ir teigiamai veikia žaliosios logistikos vystymąsi, mažindamos emisijas ir skatinamos išteklių naudojimo efektyvumą. Šis tyrimas pabrėžia pažangiųjų technologijų svarbą logistikos sektoriuje, skatinant inovacijas, tvarumą ir konkurencinį pranašumą. Tačiau reikia atminti, kad siekiant priimti šiuos sprendimus reikia atidžiai įvertinti kelis aspektus. Pirma, svarbus finansinis aspektas, nes dažnai pažangiųjų technologijų diegimas gali būti susijęs su gana didelėmis investicijomis. Antra, būtina atsižvelgti į priežiūros ir palaikymo išlaidas, kad būtų užtikrintas sistemos veikimas ir patikimumas. Trečia, pritaikomumo aspektas yra esminis siekiant, kad įdiegtos naujos technologijos būtų naudingos ir veiksmingos esamoje įmonės veiklos aplinkoje. Taigi neabejotinai pažangiųjų technologijų diegimo nauda vystant žaliają logistiką yra didžiulė.

Literatūra

- Akkaya, M., Kaya, H. (2019). Innovative and Smart Technologies in Logistics. *17th International Logistics and Supply Chain Congress* October 17–18, Istanbul, Turkey, 97–105. <https://www.researchgate.net/publication/338423597>
- Aktas, E., Bloemhof, J. M., Fransoo, J. C., Gunther, H. O., Ammernegg, W. (2018). Green logistics solutions. *Flexible Services and Manufacturing Journal*, 30, 363–365.
- Ding, Y., Jin, M., Li, S., Feng, D. (2020). Smart logistics based on the internet of things technology: an overview. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 24, 323–345. DOI: <https://doi.org/10.1080/13675567.2020.1757053>
- Dzwigol, H., Truskina, N., Kwilinski, A. (2021). Green Logistics as a Sustainable Development Concept of Logistics Systems in a Circular Economy. *Conference paper. Innovation Management and information Technology impact on Global Economy in the Era of Pandemic*. <https://www.researchgate.net/publication/353413345>
- Edirisinghe Vincent N., Tadesse, A. (2020). *Blockchain or EDI? Strategic Finance*. <https://www.sfmagazine.com/articles/2020/june/blockchain-or-edi/>
- Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Nuclear Safety and Consumer Protection. (2022). *Developing Smart Logistics for Sustainable Transport*. <https://changing-transport.org/publications/developing-smart-logistics-for-sustainable-transport/>
- Hopkins, J., Hawking, P. (2018). Big Data Analytics and IoT in logistics: a case study. *The International Journal of Logistics Management*, 29 (2), 575–591. DOI: <https://doi.org/10.1108/IJLM-05-2017-0109>
- Karaman, A. S., Kilic, M., Uyar, A. (2020). Green logistics performance and sustainability reporting practices of the logistics sector: The moderating effect of corporate governance. *Journal of Cleaner Production*, 258, 107–118.
- Košiček, M., Tesař, R., Dařena, F., Malo, R., Motyčka, A. (2012). Route Planning Module as a Part of Supply Chain Management System. *Acta Universitatis Agriculturae Et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. LX, 2, 135–148.
- Kumar, N. M., Dash, A. (2017). The Internet of Things: An Opportunity for Transportation and Logistics. *Proceedings of the International Conference on Inventive Computing and Informatics (ICICI 2017) IEEE Xplore Compliant*. Part Number: CFP17L34-ART, ISBN 978-1-5386-4031-9.
- Kumar, S., Narkhede, B. E., Jain, K. (2021). Revisiting the warehouse research through an evolutionary lens: a review from 1990 to 2019. *International Journal of Production Research*, 59 (11), 3470–3492. DOI: <https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1867923>
- Kurbatova, S. M., Aisner, L., Mazurov, V. (2020). Green logistics as an element of sustainable development. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 548. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/548/5/052067>
- Lai, K. H., Wong, C. W. Y. (2012). Green logistics management and performance: some evidence from Chinese manufacturing exporters. *Omega*, 40 (3), 276–282. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.omega.2011.07.002>
- Larina, I. V., Larin, A. N., Kiriliuk, O., Ingaldi, M. (2021). Green logistics – modern transportation process technology. *Production engineering archives*, 27 (3), 184–190.
- Marino, S. (2023). Delivering smart warehousing in Australia. In E. Y. Li et al. (eds.). *Proceedings of The International Conference on Electronic Business*, 23, 131–138. ICEB'23, Chiayi, Taiwan, October 19–23.
- Mousazadeh, M., Torabi, S., Pishvae, M. S. (2014). Green and Reverse Logistics Management under Fuzziness. *Supply Chain Management under Fuzziness*, 607–637. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-642-53939-8>
- Vincent, N. E., Tadesse, A. (2020). *Blockchain or EDI? Strategic Finance*. <https://www.researchgate.net/publication/354143157>
- Oztemel, E., Gursev, S. (2020). Literature review of Industry 4.0 and related technologies. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 31, 127–182. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10845-018-1433-8>

- Patra, P. K. (2018). Green Logistics: Eco-Friendly Measure In Supply-Chain. *Management Insight*, 14 (1). DOI: <https://10.21844/mijia.14.01.10>
- Pazirande, A., Jafari, H. (2013). Making sense of green logistics. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 62 (8), 889–904. DOI: <https://10.1108/IJPPM-03-2013-0059>
- Rizvi, S. K. A., Mirza, N., Naqvi, B., Rahat, B. (2020). Covid-19 and asset management in EU: A preliminary assessment of performance and investment styles. *Journal of Asset Management*, 21 (4), 281–291.
- Seroka-Stolka, O., Ociepa-Kubicka, A. (2019). Green logistics and circular economy Green. *Transportation Research Procedia*, 39, 471–479.
- Sidek, S., Khadri, N. A. M., Hasbolah, H., Yaziz, M. F. A., Rosli, M. M., Husain, N. M. (2021). Society 5.0: Green Logistics Consciousness in Enlightening Environmental and Social Sustainability. *3rd International Conference on Tropical Resources and Sustainable Sciences*, 842. DOI: <https://10.1088/1755-1315/842/1/012053>
- Ng, S., Tai, V. C., Chai, Y. C., Rahman., N. F. (2021). SFlex-WMS: a novel multi-expert system for flexible logistics and warehouse operation in the context of Industry 4.0. *SHS Web Conference*, 124. DOI: <https://doi.org/10.1051/shsconf/202112410002>
- Tang, C. S., Veelenturf, L. P. (2019). The strategic role of logistics in the industry 4.0 era. *Transportation Research Part E. Logistics and Transportation Review*, 129, 1–11. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tre.2019.06.004>
- Tiwari, S. (2023). Smart warehouse: A bibliometric analysis and future research direction. *Sustainable Manufacturing and Service Economics*, 2, 100014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.smse.2023.100014>
- Wang, M., Asian, S., Wood, L. C., Wang, B. (2019). Logistics innovation capability and its impacts on the supply chain risks in the Industry 4.0 era. *Modern Supply Chain Research and Applications*, 2 (2), 83–99. DOI: <https://doi.org/10.1108/MSCRA-07-2019-0015>
- Wirtz, J., Zeithaml, V. (2018). Cost-effective service excellence. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 46 (1), 59–80. DOI: <https://10.1007/s11747-017-0560-7>
- Wu, X., Mai, J., Zhou, J., Jiang, M., Wang, K. (2020) Concept and Key Technologies of Intelligent Logistics. *Journal of Physics: Conference Series*, 1646, 012092. Doi: <https://10.1088/1742-6596/1646/1/012092>
- Žaludienė, E., Petrauskienė, J., Ratautaitė, K., Vienažindienė, M. (2021). Išmanios technologijos ir jų naudojimo galimybės logistikos įmonių praktikoje. *Aukštųjų mokyklų vaidmuo visuomenėje: iššūkiai, tendencijos ir perspektyvos*, 1 (9). Alytus: Alytaus kolegija. <https://hdl.handle.net/20.500.12259/139303>

THE USE OF SMART TECHNOLOGIES IN THE DEVELOPMENT OF GREEN LOGISTICS

IEVA KAVECKĖ, JURGITA PAUŽUOLIENĖ

Higher Education Institution / Klaipėdos valstybinė kolegija (Lithuania)

Summary

Logistics plays a key role in driving economic operations and fostering global commerce by facilitating the seamless movement of goods across countries. In its essence, logistics encompasses various activities: cargo transport, warehousing, packing, loading and unloading, handling, and good efficient management. The advent of digital and emerging technologies is catalysing a paradigm shift in the logistics sector towards a ‘smart’ framework, enhancing operational optimisation and freight efficiency. Through cutting-edge communication technologies and digital solutions, logistics operations can now access real-time data on the whereabouts of transport vehicles, containers and distribution points. Implemented trackers and RFID tags enable the swift identification and booking of items, while real-time analytics offer insights for congestion avoidance and resource-efficient strategies. This evolution towards smart logistics holds the promise of reducing

energy consumption, curbing carbon emissions, and minimising waste, thus aligning with sustainability goals. By centralising information and streamlining delivery processes, smart technologies also contribute to shorter delivery times and reduced costs.

Incorporating smart technology into every facet of logistics processes, is imperative for companies aiming to achieve sustainable growth, profitability and competitive advantage. Smart technologies enable efficient supply chain management, process optimisation, cost reduction, and more sustainable decision-making. Route planning applications, intelligent vehicle technologies, artificial intelligence in customer service, and smart warehousing systems, are among the technologies driving this transformation in logistics, addressing complex challenges related to cargo delivery, warehousing, inventory, and supply chain management.

The problem question is: What smart technologies do logistics companies use to contribute to the development of green logistics?

The aim of the research: To investigate the use of smart technologies by logistics companies in the development of green logistics.

Methods: Analysis of scientific literature, synthesis, quantitative research-questionnaire survey.

Methodology. The quantitative research method was applied: a questionnaire survey. The questionnaire prepared for companies consisted of three questions aimed at determining: how companies use smart technologies; the visible benefits of smart technologies in the development of green logistics; and the planned implementation of smart technologies in the future. Companies were selected based on the following criteria: operating in the field of logistics and conducting sustainability/social responsibility/green logistics activities. The organisations chosen for the study operate in the Klaipėda region. The survey participants were managers and specialists who are familiar with the organisation's activities and the smart technologies used by the organisation. Each company was contacted personally and asked to participate. The majority (53%) of the participants were from large organisations with more than 250 employees, while 33% were from small and medium-size enterprises with between 51 and 250 employees. Additionally, one specialist each represented small and very small companies. Most companies have a clear sustainable development strategy, prepare social responsibility reports, and contribute to the implementation of green logistics.

Results. The study revealed a high adoption rate of advanced technologies in the logistics sector, particularly in smart real-time cargo tracking, document digitisation, and route optimisation programs. Nearly half the surveyed companies have also integrated intelligent vehicle technologies and data analysis and predictive modelling systems to enhance safety, efficiency and cargo flow management. A smaller proportion of companies have implemented advanced technologies for manufacturing automation and customer service using artificial intelligence. The companies have acknowledged that these technologies not only help in cost reduction and operational optimisation, but also contribute positively to the advancement of green logistics by reducing emissions and promoting resource efficiency.

This study underscores the significance of advanced technology in the logistics sector for driving innovation, sustainability and competitive advantage. However, it is imperative to carefully evaluate several aspects before making decisions. Firstly, the financial aspect is crucial, as the implementation of advanced technologies often entails substantial investment. Secondly, maintenance and support costs must be taken into account to ensure system performance and reliability. Thirdly, applicability is essential to ensure that newly introduced technologies are beneficial and effective in the company's existing operating environment. Nevertheless, there is no doubt that the benefits of implementing advanced technologies are substantial for the advancement of green logistics.

KEY WORDS: *green logistics, intelligent/smart technologies, transport.*

JEL CODES: L91, Q55, Q01.

Gauta: 2024-02-15

Priimta: 2024-03-15

Pasirašyta spaudai: 2024-04-19