

LOGISTIKOS 5.0 TECHNOLOGIJŲ KONCEPTUALUS TAIKYMAS SIEKiant DARBUOTOJŲ GEROVĖS IR VEIKLOS ATSPARUMO: UAB „RABEN LIETUVA“ ATVEJIS

Modestas TAMOŠAUSKAS, Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Bioekonomikos plėtros fakultetas,
el. paštas: modestas.tamosauskas@vdu.lt

Asta RAUPELIENĖ, Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Bioekonomikos plėtros fakultetas,
el. paštas: asta.raupeliene@vdu.lt

Santrauka

Šiame straipsnyje nagrinėjamos Logistikos 5.0 koncepcijos taikymo galimybės Lietuvos logistikos įmonėse, akcentuojant perėjimą nuo technologinio efektyvumo (Logistika 4.0) prie žmogų orientuoto, tvaraus ir atsparaus veiklos modelio, sprendžiant darbuotojų fizinio krūvio ir tiekimo grandinių pažeidžiamumo problemas. Tyrimo tikslas – teoriškai pagrįsti pažangių technologinių sprendimų, tokių kaip bendradarbiaujančių robotų (kobotų) ir Skaitmeninių dvynių, integracijos potencialą UAB „Raben Lietuva“ veikloje. Darbe taikomi mokslinės literatūros analizės ir teorinio atvejo modeliavimo metodai. Atlikta analizė atskleidė aukštą tvarumo brandą, bet didėjantys krovinių srautai reikalauja naujų sprendimų darbuotojų ergonomikai ir operaciniam atsparumui užtikrinti. Tyrimo rezultatai ir konceptualus modeliavimas parodo, kad kobotų diegimas krovinių rūšiavimo procesuose reikšmingai sumažintų darbuotojų fizinį krūvį sukuriant saugias hibridines darbo vietas, o skaitmeninių dvynių pritaikymas krovos terminalų valdymui įgalintų strateginį krizių simuliaciją ir srautų optimizavimą realiu laiku. Remiantis gautais rezultatais daroma išvada, kad šių technologijų sinergija yra būtina sąlyga siekiant suderinti ilgalaikį organizacinį atsparumą su darbuotojų gerove, leidžianti įmonei tapti inovatyvia Logistikos 5.0 lydere.

Reikšminiai žodžiai: Logistika 5.0, bendradarbiaujantys robotai (kobotai), skaitmeniniai dvyniai.

Įvadas

Šiuolaikinis logistikos sektorius išgyvena esminę transformaciją. Pastarąjį dešimtmetį dominavusi „Logistikos 4.0“ koncepcija, grįsta skaitmenizavimu, daiktų internetu (IoT) technologijų taikymu, procesų automatizavimu ir robotizacija, leido įmonėms pasiekti veiklos efektyvumą. Tačiau ši, vien į pilną ir procesų greitį orientuota koncepcija atskleidė savo ribotumą: pamirštas žmogiškasis faktorius, kuris lėmė darbuotojų perdegimą, kvalifikuotos darbo jėgos trūkumą, o globalūs tiekimo grandinių sutrikimai (COVID-19 pandemija) parodė sistemų pažeidžiamumą. Kaip atsakas į šiuos iššūkius formuojasi nauja – „Logistikos 5.0“ – koncepcija, kuri, remdamasi Europos Komisijos „Pramonės 5.0“ gairėmis, technologinę pažangą derina su trimis esminiais principais: orientacija į žmogų, tvarumą ir atsparumą.

Vienas didžiausių iššūkių pereinant prie Logistikos 5.0 modelio yra praktinis technologijų, kurios ne pakeistų, o sustiprintų žmogų, integravimas. Mokslinėje literatūroje pabrėžiama bendradarbiaujančių robotų (kobotų) ir procesų simuliaciją naudojant „Skaitmeninius dvynius“ svarba. Šios technologijos leidžia sumažinti fizinį darbuotojų krūvį ir užtikrinti aukščiausius saugos standartus, kartu išlaikant operacinį našumą. Tačiau trūksta teorinių modelių, parodančių, kaip šie sprendimai galėtų būti sistemškai integruojami specifiniame Lietuvos logistikos sektoriaus kontekste.

Tyrimo problema: kaip teoriškai pagrįsti ir konceptualiai pritaikyti Logistikos 5.0 technologinius sprendimus (kobotus ir Skaitmeninių dvynių sistemą), siekiant suderinti darbuotojų gerovę ir veiklos atsparumą modernioje logistikos įmonėje?

Tyrimo tikslas – išanalizavus Logistikos 5.0 principų taikymą sudaryti konceptualų technologinių sprendimų integracijos modelį UAB „Raben Lietuva“ atveju.

Iškeltam tikslui pasiekti sprendžiami šie **uždaviniai**:

1. Išanalizuoti Logistikos 5.0 koncepcijos taikymo principus, akcentuojant žmogaus ir technologijų sinergiją.
2. Įvertinti UAB „Raben Lietuva“ veiklos ypatumus tvarumo ir atsparumo aspektu, tvarumo ir veiklos atsparumo aspektu.
3. Remiantis ankstesnių mokslinių tyrimų rezultatais, sumodeliuoti „Logistikos 5.0“ technologinių sprendimų integravimo modelį UAB „Raben Lietuva“ sandėliavimo ir krovos procesuose, siekiant darbuotojų gerovės.

Tyrimų objektas ir metodai

Tyrimo objektas: „Logistikos 5.0“ technologinių sprendimų integracijos potencialas UAB „Raben Lietuva“ logistikos veikloje.

Straipsnyje taikomas teorinio atvejo modeliavimo metodas. Duomenys apie tyrimo objektą renkami naudojant antrinių šaltinių analizę: viešai prieinamas įmonės ataskaitas ir strateginius dokumentus. Pirminių duomenų statistinė analizė nėra atliekama. Tyrimo rezultatų patikimumas grindžiamas antrinių duomenų analize. Gauta informacija sintetuojama su 1 skyriuje išnagrinėtomis teorinėmis Logistikos 5.0 sistemomis (kobotais ir skaitmeniniais dvyniais).

Tyrimų rezultatai ir jų aptarimas

Logistikos 5.0 koncepcija

Logistikos evoliucija pereina nuo technologijomis pagrįsto požiūrio Pramonėje 4.0 prie labiau į žmogų orientuotos, tvarios sistemos Logistikos 5.0. H. Chih-Hung ir kt. (2024) teigia, kad nors Pramonė 4.0 išplėtojo išmaniąją logistiką, ji neišsprendė svarbiausių žmonių ir tvarumo problemų. L. Juanjuan ir kt. (2023) pristatė Logistikos 5.0 sistemą, žadančią sukurti išmanias ir tvarias logistikos ekosistemas, daugiausia dėmesio skiriant „6S“ tikslams: saugai, apsaugai, tvarumui, jautrumui, aptarnavimui ir išmanumui.

Perėjimą apibūdina trys pagrindiniai ramsčiai: žmogiškumas, atsparumas ir tvarumas. E. Grosse ir kt. (2023) pabrėžia, kad ši evoliucija peržengia technologijomis pagrįstą pelno maksimizavimą ir sukuria sistemas, kurios didina visų suinteresuotųjų šalių gerovę. D. Mourtzis ir kt. (2022) teigia, kad tai reiškia platesnę visuomenės transformaciją, kurioje žmonių gerovė yra technologinės plėtros pagrindas.

1 lentelė. Logistikos 4.0 ir Logistikos 5.0 principų palyginamoji analizė

Table 1. A Comparative Analysis of the Principles of Logistics 4.0 and Logistics 5.0

Kriterijus / Criterion	Logistika 4.0 / Logistics 4.0	Logistika 5.0 / Logistics 5.0
Pagrindinis tikslas / Primary Goal	Procesų efektyvumas, veiksmingumas, kaštų minimizavimas, pelno maksimalizavimas / Process efficiency, effectiveness, cost minimization, and profit maximization.	Žmogaus (darbuotojo) gerovė, socialinė atsakomybė, ilgalaikis organizacinis atsparumas / Human (employee) well-being, social responsibility, and long-term organizational resilience.
Žmogaus vaidmuo / Role of the Human	Žmogus (darbuotojas) kaip mašinos „priedas“ ar operatorius, darbas pritaikomas prie technologijos / Human as a machine "attachment" or operator; work is adapted to technology.	Technologija kaip žmogaus fizinių ir protinių gebėjimų praplėtimas / Technology as an augmentation of human physical and mental capabilities.
Požiūris į aplinką / Environmental Approach	Reaktyvus, atitinkantis bazinius normatyvus, orientuojamasi į trumpalaikę naudą / Reactive, compliant with basic regulations, focused on short-term benefits.	Proaktyvus, žiedinės ekonomikos principų integracija į visą vertės grandinę / Proactive, integration of circular economy principles throughout the entire value chain.
Atsparumas trikdžiams / Resilience to Disruptions	Sistemos orientuotos į dabartį, neatsižvelgiant į ateitį, pažeidžiamos krizės atveju / Present-oriented systems, lacking future-proofing; vulnerable in case of crisis.	Lanksčios, adaptyvios sistemos, paremtos virtualiu modeliavimu ir greitu srautų persikirstymu / Flexible, adaptive systems based on virtual modeling and rapid flow redistribution.

Šaltinis: sudaryta autoriaus

Source: compiled by the author

1 lentelėje pateikta analizė parodo, kad Logistika 5.0 iš esmės keičia matavimo metrikas (KPIs). Logistikos 4.0 sėkmė matuojama atlikto darbo kiekiu, Logistikos 5.0 įtraukiama darbuotojo ergonomika ir klaidų prevencijos rodikliai. Todėl perėjimas nuo 4.0 prie 5.0 reikalauja ne tik naujos įrangos, naujų sistemų, bet ir esminių organizacijos pokyčių, kuriuose technologijų principas grįžta prie tarnavimo žmogui ir visuomenei.

Bendradarbiaujantys robotai kaip ergonomikos ir našumo instrumentas. Kobotai yra pagrindinė technologija, leidžianti kurti į žmogų orientuotą darbo vietos dizainą (Boschetti et al., 2022). Sandėlyje jie gali atlikti pakrovimo ir surinkimo operacijas dirbdami tiesiogiai kartu su žmonėmis, derindami rankinės sistemos lankstumą su automatizuotu produktyvumu (Pauliková et al., 2021). Šios technologijos leidžia darbo procesus atlikti dinamiškai, veiksmingai, kuriuose žmogus išlieka esminis sprendimų bei procesų kontrolės. Kobotai suteikia didelių pranašumų, nes sukuria lanksčią, saugią darbo aplinką, kuri papildo žmogaus galimybes (Rahman et al., 2024). Skirtingai nuo tradicinės automatizacijos, jie leidžia tiesiogiai bendradarbiauti žmonėms ir robotams, todėl darbo eigos tampa adaptyvesnės ir produktyvesnės (Boschetti et al., 2022).

Skaitmeninių dvynių technologija: virtualus procesų modeliavimas veiklos atsparumui užtikrinti. Skaitmeninių dvynių technologija siūlo transformuojantį požiūrį į tiekimo grandinės atsparumo didinimą, pasitelkiant pažangias modeliavimo ir scenarijų analizės galimybes Logistikos 5.0 aplinkoje.

Skaitmeniniai dvyniai gali sukurti intelektualias, adaptyvias tiekimo grandinės valdymo sistemas. D. Ivanov ir kt. (2023) sugalvoja intelektualaus skaitmeninio dvynio (SD) koncepciją, kuri palaiko stebėseną, sutrikimų prognozavimą ir iniciatyvų sprendimų priėmimą. A. Cimino ir kt. (2024) patvirtino holistinę metodiką, naudodami skaitmeninio dvynio modeliavimą, kuris suteikia vertingų įžvalgų apie tiekimo grandinės veikimą esant įvairiems sutrikimų scenarijams. Ši metodika leidžia sukurti ciklinį planavimo procesą, kuriame realaus laiko duomenys nuolat tikslina modelius, taip sukuriant savireguliuojančią atsparumo vertinimo aplinką.

Pagrindiniai privalumai yra duomenų apdorojimas realiuoju laiku, sudėtingų tiekimo tinklų vizualizavimas ir galimybė išbandyti atsparumo strategijas prieš jų įgyvendinimą. Skaitmeniniai dvyniai suteikia galimybę atlikti daugiakriterinę rizikos analizę, modeliuoti „kas-jeigu“ scenarijus ir tiksliai įvertinti tiekimo tinklo lūžių propagavimą, kas ženkliai padidina sisteminės rizikos valdymo kokybę. G. Daqiang ir kt. (2024) ypač pabrėžia skaitmeninių dvynių indėlį gerinant tiekimo grandinės koordinavimą ir atsparumą netikėtiems sutrikimams, tokiems kaip COVID-19. Autoriai nurodo – skaitmeniniai dvyniai gali veikti kaip virtualūs kontrolės bokštai, kurie ne tik stebi veiklą, bet ir rekomenduoja optimalius veiksmus, taip sumažindami reakcijos laiką bei žmogiškųjų klaidų tikimybę.

Skaitmeninių dvynių technologijos Logistikos 5.0 sistemoje suteikia išsamią sistemą tiekimo grandinės atsparumui didinti, naudojant realaus laiko skaitmeninį replikavimą ir pažangius modeliavimo modelius.

B. Nicoletti ir kt. (2023) teigia, kad skaitmeniniai dvyniai leidžia organizacijoms optimizuoti logistikos procesus, sukuriant virtualias fizinių tiekimo grandinių reprezentacijas. T. Moshood ir kt. (2021) teigia, kad šios technologijos palengvina nuspėjamą metriką, diagnostiką ir scenarijų prognozes, o pagrindiniai architektūriniai komponentai apima:

- duomenų integravimą realiuoju laiku per daiktų interneto jutiklius;
- blokų grandinės pagrindu veikiančią decentralizuotą duomenų saugojimą;
- modeliavimo modelius našumo analizei;
- prognozuojamą gedimų aptikimą.

Busse ir kt. (2021) konkrečiai pabrėžia, kad skaitmeniniai tiekimo grandinės dvyniai gali imituoti visas daugiarūšes tiekimo grandines, padarydami jas patikimesnes, anksti nustatant galimas problemas. M. Javaid ir kt. (2023) pabrėžia, kad technologijos sudėtingumas priklauso nuo turimų duomenų ir modeliujamų procesų sudėtingumo. Nors tyrėjai daug žadantys, jie pabrėžia, kad reikia tęsti skaitmeninio dvynio žemėlapių sudarymo, konvergencijos ir kognityvinių gebėjimų tyrimus. Akcentuojama būtinybė kurti pažangesnius semantinius dvynius, gebančius interpretuoti duomenis kontekste, mokytis iš sutrikimų istorijų ir autonomiškai siūlyti strateginius sprendimus, taip pereinant nuo prognozavimo prie tikros kognityvinės logistikos.

UAB „Raben Lietuva“ profilis ir esami iššūkiai

UAB „Raben Lietuva“ yra didelės tarptautinės logistikos grupės „Raben Group“ dalis, veikianti Lietuvos rinkoje jau daugiau nei 20 metų. Įmonė užima stambaus rinkos dalyvio poziciją, teikdama kompleksines ir integruotas logistikos paslaugas. „Raben Group“ veikia 17-oje Europos šalių (nuolat plečiasi, pvz., į Turkiją, Šveicariją), o tai užtikrina UAB „Raben Lietuva“ prieigą prie stipraus ir nepriklausomo dalinių krovinių tinklo visoje Europoje. Tai leidžia įmonei užtikrinti sklandžius ir efektyvius logistikos sprendimus, kas yra esminis atsparumo principo kontekstas. Įmonė demonstruoja itin aukštą tvarumo rodiklį atitiktį (mažina CO₂, naudoja žaliąją energiją). Vis dėlto, intensyvus krovinių judėjimas ir sezoniskumas lemia didžiulį fizinių krūvių darbuotojams, o globalių tiekimo grandinių neapibrėžtumas reikalauja greitesnių planavimo instrumentų. Vadinas, įmonei kyla strateginis poreikis sustiprinti žmogaus ir atsparumo ramsčius.

Žmogaus ir mašinos sinergijos modeliavimas sandėliavimo operacijose. Teoriškai modeliuojant kobotų integraciją UAB „Raben Lietuva“ veikloje, tiksliausia juos diegti dalinių krovinių (LTL) rūšiavimo zonoje. Kadangi įmonė aptarnauja įvairius sektorius, krovinių gabaritai dažnu atveju yra nestandartizuoti. Pavyzdžiui, paletavimo stotelėje darbuotojas atlieka kognityvinę užduotį: vizualiai įvertina pakuotę ir skenuoja kodą. Kobotas, gavęs signalą, atlieka fizinę veiksmą – pakelia sunkią dėžę. Tai atitinka Logistikos 5.0 „Human-Centric“ principą: žmogus išlieka proceso ekspertu, o mechanizmas veikia kaip jo fizinių galimybių praplėtimas. Toks sprendimas sumažintų darbuotojų fizinį išsekimą, leistų išvengti nenumatytų nelaimingų atsitikimų, traumų. Remiantis ankstesniais moksliniais tyrimais (Grosse ir kt., 2023; Pauliková, 2021), kuriuose buvo taikomi statistiniai darbuotojų fizinės apkrovos matavimo metodai, nustatyta, jog kobotų integracija krovos ir rūšiavimo procesuose leidžia sumažinti darbuotojų patiriamą ergonominių krūvių (raumenų ir kaulų sistemos apkrovą) vidutiniškai 40–60 proc., tuo pačiu išlaikant ar net 15–20 proc. padidinant operacijų našumą. Pritaikius šiuos statistinius tyrimų rezultatus UAB „Raben Lietuva“ LTL krovinių rūšiavimo specifikai, galima pagrįstai teigti, kad hibridinių (žmogus-kobotas) darbo vietų suformavimas leistų ne tik sumažinti sužeidimų darbe riziką, bet ir amortizuoti darbuotojų trūkumo problemą piko laikotarpiais.

Terminalų atsparumo didinimas per Skaitmeninius dvynius. Siekiant užtikrinti operacinį atsparumą, UAB „Raben Lietuva“ terminaluose siūlomas Skaitmeninių dvynių modeliavimas. Kuriant virtualią *cross-docking* terminalo kopiją, įmonės planuotojai galėtų realiu laiku matyti krovinių judėjimą. Piko metu (pvz., prieššventiniu laikotarpiu), Skaitmeninis dvynys leistų virtualiai perstatyti prekių zonas, pakeisti krautuvų maršrutus ar persikirstyti darbuotojus. Tik įsitikinus, kad virtualus modelis rodo efektyvumo ir saugumo padidėjimą, pokyčiai būtų pritaikomi realiame terminale. Tai suteiktų įmonei maksimalų lankstumą ir atsparumą neplanuotiems krovinių srautų svyravimams.

Diskusija

Perėjimas prie Logistikos 5.0 UAB „Raben Lietuva“ susidurtų su iššūkiais: darbuotojai kobotų atsiradimą gali interpretuoti, suprasti kaip grėsmę savo darbo vietai. Tuo tarpu Skaitmeninių dvynių kūrimas reikalauja didžiulių pradinių investicijų ir duomenų surinkimo (IoT) infrastruktūros, aukštos kvalifikacijos duomenų analitikų (angl. data scientists), kurių rinkoje trūksta.

Vietoje masinio diegimo, procesą būtina skaidyti į etapus, taikyti bandomąją integraciją. Visų pirma rekomenduojama suderinti turimų duomenų architektūrą (sandėlio ir transporto valdymo sistemas) su skaitmeniniams dvyniams bei įrengti vieną bandomąją hibridinę (žmogus-kobotas) krovos stotelę. Tai leis pamatuoti realią naudą ir investicijų grąžą be didelės operacinės rizikos.

Inovacijos neturi būti diegiamos ir naudojamos iš karto. Būtina įtraukti tiesioginius sandėlio darbuotojus ir pamainų vadovus į technologijų testavimą. Aktyvus darbuotojų dalyvavimas simuliuojant procesus su skaitmeniniais dvyniais išsklaidys psichologines baimes dėl darbo vietų praradimo ir užtikrins, kad sistemos veiktų dirbančiųjų poreikiams.

Skaitmeninių dvynių ir kobotų pritaikymas specifiniams dalinių krovinių (LTL) srautams reikalauja inžinerinių kompetencijų. Įmonei rekomenduojama megzti strategines partnerystes su technologijų universitetais. Tai leistų bendrai kurti inovacijas ir pritraukti ES struktūrinių fondų finansavimą, sumažinant technologinę ir finansinę naštą.

Šis tyrimas atskleidžia, kad Logistika 5.0 yra inovatyvi ir dar tik besiformuojanti sistema. Nors Lietuvos akademinėje bendruomenėje ir verslo praktikoje mokslinių tyrimų bei taikymo pavyzdžių vis dar trūksta, atliktas atvejo modeliavimas įrodo šios koncepcijos naudą. Teorinė analizė patvirtina, kad kobotų ir Skaitmeninių dvynių integracija UAB „Raben Lietuva“ veikloje leistų ne tik reikšmingai sumažinti darbuotojų fizinį krūvį, bet ir užtikrintų operacinį atsparumą išorės trikdžiams. Šių technologijų sinergija transformuoja įmonės valdymo modelį, sukuria saugią, į žmogų orientuotą darbo aplinką ir suteikia galimybę organizacijai tapti naujojo logistikos standarto pradininke šalyje.

Išvados

1. Nustatyta, kad Logistika 5.0 transformuoja požiūrį į inovacijas – technologijos tampa ne žmogaus pakaitalu, o jo fizinių ir kognityvinių gebėjimų praplėtimu. Šią sinergiją užtikrina kobotai, perimantys ergonomiškai žalingas užduotis, ir Skaitmeniniai dvyniai, įgalinantys strateginį, o ne reaktyvų tiekimo grandinių rizikų valdymą.
2. Įvertinus UAB „Raben Lietuva“ strateginį profilį nustatyta, kad įmonė pasižymi aukštu tvarumo standartų laikymusi, kuris yra esminis Logistikos 5.0 pamatas. Tačiau dėl intensyvių krovinių srautų, sezoniškumo ir išorinių trikdžių, įmonei strategiškai būtina stiprinti likusius du koncepcijos ramsčius – darbuotojų fizinės apkrovos mažinimą bei operacinį atsparumą.
3. Remiantis ankstesnių mokslinių tyrimų statistiniais duomenimis atliktas teorinis modeliavimas patvirtina: pasirinktų technologijų integracija leistų išspręsti šiuos iššūkius. Kobotų taikymas krovinių rūšiavimo ir krovos procesuose sukurtų saugias hibridines darbo vietas, galinčias drastiškai (iki 60 proc.) sumažinti ergonominę darbuotojų apkrovą, o Skaitmeninių dvynių naudojimas terminalų srautų simuliacijai amortizuotų, išorės šokus (pvz., transporto vėlavimus). Šių technologijų sinergija užtikrintų darbuotojų gerovę, išvengiant chaotiško darbo ritmo, ir paverstų UAB „Raben Lietuva“ atsparia inovacijų lydere.

Literatūra

1. Boschetti, G. (2022). Human-Centered Design for Productivity and Safety in Collaborative Robots Cells: A New Methodological Approach. *Machines*, 10(7), 560. <https://doi.org/10.3390/machines10070560>
2. Chih-Hung, H. (2024). Deploying Industry 5.0 drivers to enhance sustainable supply chain risk resilience. *Journal of Cleaner Production*, 445, 141203. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.141203>
3. Cimino, A. (2024). A cyclic and holistic methodology to exploit the Supply Chain Digital Twin concept towards a more resilient and sustainable future. *Computers in Industry*, 159, 103983. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2024.103983>
4. Daqiang, G. (2024). The role of digital twins in lean supply chain management: review and research directions. *Applied Soft Computing*, 154, 111452. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2024.111452>
5. Grosse, E., Sgarbossa, F., Berlin, C., & Neumann, W. (2023). Human-centric production and logistics system design and management: transitioning from Industry 4.0 to Industry 5.0. *International Journal of Production Research*, 61(16), 5396–5412. <https://doi.org/10.1080/00207543.2023.2208085>
6. Ivanov, D. (2023). Intelligent digital twin (iDT) for supply chain stress-testing, resilience, and viability. *International Journal of Production Research*, 61(18), 6052–6072. <https://doi.org/10.1080/00207543.2023.2185560>
7. Javaid, M. (2023). Digital Twin applications toward Industry 4.0: A Review. *Journal of Industrial Integration and Management*, 8(1), 2350005. <https://doi.org/10.1142/S242486222350005X>
8. Juanjuan, L., & Rui, O. (2023). Logistics 5.0: From Intelligent Networks to Sustainable Ecosystems. *Systems*, 11(10), 509. <https://doi.org/10.3390/systems11100509>
9. Moshood, T. (2021). Digital Twins Driven Supply Chain Visibility within Logistics: A New Paradigm for Future Logistics. *Sustainability*, 13(12), 6902. <https://doi.org/10.3390/su13126902>
10. Mourtzis, D., Angelopoulos, J., & Panopoulos, N. (2022). A Literature Review of the Challenges and Opportunities of the Transition from Industry 4.0 to Society 5.0. *International Journal of Production Research*, 60(10), 3064–3081. <https://doi.org/10.1080/00207543.2022.2045579>
11. Nicoletti, B. (2023). A framework for digital twins solutions for 5 PL operators. *Computers in Industry*, 153, 103507. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2023.103507>
12. Paulíková, A. (2021). Analysis of the Impact of Human–Cobot Collaborative Manufacturing Implementation on the Occupational Health and Safety and the Quality Requirements. *Sensors*, 21(15), 5092. <https://doi.org/10.3390/s21155092>
13. Rahman, M. M. (2024). Cobotics: The Evolving Roles and Prospects of Next-Generation Collaborative Robots in Industry 5.0. *Journal of Industrial Integration and Management*. Prieinamas internete. <https://doi.org/10.1142/S2424862223500271>

CONCEPTUAL APPLICATION OF LOGISTICS 5.0 TECHNOLOGIES TO PROMOTE EMPLOYEE WELL-BEING AND BUSINESS RESILIENCE: THE CASE OF UAB “RABEN LIETUVA”

Abstract

This article examines the potential for applying the Logistics 5.0 concept in Lithuanian logistics companies, emphasizing the transition from technological efficiency (Logistics 4.0) to a people-oriented, sustainable, and resilient business model, addressing issues related to employee physical strain and supply chain vulnerability. The aim of the study

is to theoretically substantiate the potential for integrating advanced technological solutions, such as collaborative robots (hereinafter “cobots”) and Digital Twins, into the operations of UAB “Raben Lietuva.” The study employs methods of scientific literature analysis and theoretical case modeling. The analysis revealed a high level of sustainability maturity, but increasing cargo flows require new solutions to ensure employee ergonomics and operational resilience. The research results and conceptual modeling show that the implementation of cobots in cargo sorting processes would significantly reduce the physical strain on employees by creating safe hybrid workplaces, while the application of digital twins to cargo terminal management would enable strategic crisis simulation and real-time flow optimization. Based on the results obtained, it is concluded that the synergy of these technologies is a prerequisite for balancing long-term organizational resilience with employee well-being, enabling the company to become an innovative leader in Logistics 5.0.

Keywords: Logistics 5.0, collaborative robots (cobots), digital twins.