

## SUMANIOS TECHNOLOGIJOS IR JŲ NAUDOJIMO GALIMYBĖS LOGISTIKOJE

**Žilvinas ZAVIŠA**, Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Bioekonomikos plėtros fakultetas, el. paštas [zilvinas.zavisa@vdu.lt](mailto:zilvinas.zavisa@vdu.lt)

### Santrauka

Ketvirtoji pramonės revoliucija padarė didelę įtaką logistikos įmonių veiklai ir prisidėjo prie Logistika 4.0 koncepcijos vystymosi, kuri siekia tvariai patenkinti individualius klientų poreikius nedidinant sąnaudų ir naudojant skaitmenines technologijas (Strandhagen ir kt., 2017). Tema yra aktuali dėl sparčiai besikeičiančių verslo sąlygų ir įmonių ilgalaikėse strategijose numatomų tikslų siekti vykdyti tvarią, efektyvią veiklą remiantis inovatyviais darbo metodais ir sumaniomis technologijomis. Tyrimo tikslas – apžvelgti pagrindines sumanias technologijas logistikoje ir aprašyti jų privalumus ir trūkumus. Taikyti metodai: mokslinės literatūros analizė ir sintezė. Gauti rezultatai parodė, kad sumaniųjų technologijų naudojimas įmonėse sumažina nereikalingų operacijų kiekį, procesai tampa išmanesni ir aiškesni, sumažina darbo jėgos poreikį, minimizuoja „popierizmą“, efektyvina darbo našumą, keičia informacijos pasiekimo ir apdorojimo būdus, gerina analizės ir kontrolės mechanizmus, didina pelną, ir yra vienas iš pagrindinių spartaus augimo ir plėtros garantas. Sumaniųjų technologijų diegimas yra nuolatinis procesas logistikoje. Tai ne tik veiklos efektyvumo didinimas, bet ir indėlis į ekologiją ir tvarumą.

**Reikšminiai žodžiai:** logistika; sumaniosios technologijos; pramonė 4.0; automatizavimas.

### Įvadas

Logistika – viena iš sparčiausiai per pastarąjį dešimtmetį besivystančių verslo sričių, ypač pasistūmėjusi pandemijos metu. Logistikos procesai yra sritis, kurią ypač reikšmingai veikia technologijos. Įvairios technologinės inovacijos logistikos įmonėms suteikia postūmį naudotis sumaniomis technologijomis savo veikloje, todėl šių technologijų diegimas logistikoje įgauna vis didesnę pagreitį, apima vis daugiau sričių. Investicijos į sumanias technologijas grįžta efektyviais sprendimais, taupo kaštus ir prisideda prie tvarumo. Taikant sumanias technologijas atsiranda galimybė siekti kokybiškesnių logistikos paslaugų ir įgauti pranašumų prieš konkurentus (Akkaya ir Kaya, 2019). Pasitelkiant naujausias informacijos ir ryšių technologijas, pažangias ir suskaitmenintas tinklo sistemas, suteikiamos galimybės žmonėms, įrenginiams, gamykloms, logistikai ir produktams turėti tiesioginę tarpusavio sąveiką (Winkelhaus ir Grosse, 2020). **Tyrimo tikslas** – apžvelgti pagrindines sumanias logistikos technologijas ir aprašyti jų privalumus ir trūkumus.

Iškeltam tikslui pasiekti sprendžiami šie **uždaviniai**:

1. Išanalizuoti mokslinę ir kitą literatūrą apie sumanias logistikos technologijas .
2. Atskleisti pagrindines sumanių logistikos technologijų grupes, jų privalumus ir trūkumus.
3. Aprašyti veiksnius, skatinančius logistikoje naudoti sumanias technologijas, prielaidas ir kliūtis joms diegti.

### Tyrimų objektas ir metodai

Tyrimo tikslui pasiekti buvo pasirinktas tyrimo metodas – literatūros analizė ir sintezė. Atlikta mokslinių straipsnių apie sumanias technologijas logistikoje ir jų pritaikymo galimybes, gerųjų praktikos pavyzdžių analizė. Anot Žukauskienės ir Einaitienės (2011), literatūros apžvalga yra tekstas, analizuojantis, įvertinantis ir apibendrinantis tam tikrą mokslinę problemą nagrinėjančius mokslinius darbus. Rengiant literatūros apžvalgą surenkama tai, ką ankstesni tyrėjai ir autoriai yra parašę apie nagrinėjamą problemą, ir ši medžiaga sistemingai ir kryptingai analizuojama, siekiant pateikti apibendrinančias išvadas konkrečiu klausimu, įvertinti tam tikros mokslinių tyrinėjimų srities esamą tyrimų padėtį. Šiame tyrime buvo analizuojami straipsniai, registruoti tarptautiniuose žurnaluose per pastaruosius penkis metus, t. y. nuo 2018 iki 2022 metų. Straipsniai buvo renkami naudojantis *Google Scholar*. Ieškant straipsnių naudoti du pagrindiniai raktažodžiai anglų kalba *logistics* ir *smart*. Iš viso gauta 22100 nuorodų. Atrinkti straipsniai pateko į apsibrėžtą tyrimo laikotarpį, buvo laisvos prieigos, labiausiai atitinkantys temą, atsirenkant juos perskaičius santrauką. Atlikus visus išvardintus žingsnius atrinkti 25 tinkami moksliniai straipsniai buvo įtraukti į sisteminę analizę. Dalis straipsnių buvo praktinio pobūdžio, kai bandoma sukurti ir pritaikyti konkrečias inovacijas tiekimo grandinėje konkreitiems subjektams, kita dalis teoriniai – kai aprašomos ir sistemizuojamos ankstesnių autorių publikacijos. Straipsnių temos dažniausiai susijusios su sandėlių veikla, automatizavimu, robotizavimu, duomenų valdymu, logistika 4.0.

**Tyrimo objektas** – sumanių technologijų naudojimas logistikoje.

## Tyrimų rezultatai ir jų aptarimas

### *Sumanių technologijų lemiami pokyčiai*

Pasaulis keičiasi greičiau, nei spėjame prisitaikyti. Pokyčius spartina technologinės naujovės, stipriai plečiančios verslo galimybes. Verslo aplinka tampa vis sudėtingesnė ir sunkiau nuspėjama. Klientai tikisi gauti prekę ar paslaugą per trumpiausią laiką, individualiai pritaikytą jiems, su maloniausiomis pirkimo patirtimis. Logistika kaip ekonominės veiklos pavyzdys yra pagrįstas internetinių platformų naudojimu, leidžiančiu vartotojui, kuriam reikia prekių ar paslaugų, nedelsiant surasti tinkamą tiekėją, kuris gali jas suteikti dalindamasis prekėmis, įgūdžiais ar laiku (Lozzi ir kt., 2022). Logistika susiduria su didžiuliais iššūkiais. Naujos technologijos, nauji rinkos dalyviai, nauji klientų lūkesčiai ir nauji verslo modeliai. Yra daug būdų, kaip logistikos sektorius galėtų vystytis, siekdamas įveikti šiuos iššūkius. Pagal Barczak ir kt. (2019), naudojant sumaniąsias technologijas galima pagerinti ir palengvinti visų logistikos sričių darbą: transporto, sandėlių, gamybos ir tiekimo grandinės valdymo. Gamyba tampa vis labiau pritaikyta individualiems poreikiams, o tai naudinga klientams, bet didina spaudimą tiekimo grandinėms. Pastebima, kad sektorius patiria didelį spaudimą teikti geresnes paslaugas už vis mažesnę kainą.

Covid-19 išmokė prekes pirkti internetu ir jas atsiimti *Omniva*, *DPD* ar kituose paštomatuose, naudotis *Bolt food* ar *Barbora* paslaugomis. Visoms šioms paslaugoms keliami lūkesčiai yra paprastumas, greitis, patogumas. Tą patį galima pasakyti ir apie logistikoje vykstančius procesus. Daugelyje stambesnių verslų užsakymai formuojami automatiškai, klientas gauna automatinį užsakymo priėmimo patvirtinimą. Sandėlio valdymo sistema užsakymą automatiškai apdoroja, parenka tinkamiausias prekes, tinkamiausius būdus ir priemones užsakymui vykdyti, dažnu atveju užsakyta prekė automatizuotai pristatoma į prekių komplektavimo ar tikrinimo vietas, kur generuojamas išsiuntimo dokumentas su dviejų dimensijų brūkšninio (QR) kodu ar radijo dažnių identifikatoriumi (RFID), kad tolesnėje logistikos grandinėje būtų lengvai ir automatiškai toliau paskirstomas, kol pasieks galutinį gavėją. Siekiant tiksliau prognozuoti paklausą, užsakymus gamybai, klientų užsakymų informacija yra kaupiama ir panaudojama duomenims analizuoti.

Šiandieninėje verslo aplinkoje kuriamos verslo inovacijos turi būti pritaikytos kuo platesniam naudojimui. Kuo didesnė inovacijos aprėptis, tuo mažesnė jos įgyvendinimo kaina atskiriems verslams, todėl vis plėtėja sistemų integracija, konkrečios užduotys perduodamos atskiroms platformoms, kuriomis centralizuotai naudojasi daug klientų. Pavyzdžiui, pasak Huang ir kt. (2022), Elektroninių duomenų mainų (EDI) standartas aprėpia visą tiekimo grandinę – klientas moka tik tam tikrą abonentinį mokestį arba nedidelį mokestį už kiekvieną dokumentą, o EDI tiekėjas, aprėpdamas didelę rinkos dalį, investuoja į tolesnį sistemos pritaikomumą, tobulinimą.



Pasak Feng ir Ye (2021), dirbtinis intelektas (toliau DI) vis plačiau ir dažniau naudojamas verslo procesuose. Jis tampa mūsų asistentu, patarėju. Dirbtiniam intelektui pavedama vis daugiau ir vis sudėtingesnių užduočių. Palaipsniui, verslo poreikiai plečiasi nuo *Excel* link DI atliekamų skaičiavimų dėka. DI pritaikymo galimybės iš tiesų plačios. Tai galėtų būti klientų aptarnavimo robotas, sandėlio valdymo sistema, DI pagalba, apskaičiuojanti optimalius prekių sudėjimo algoritmus, ar autonominis krautuvas, atliekantis savarankiškas operacijas. Tikėtina, kad žmogus verslo procese taps vis labiau neįprastas. Paskambinus telefonu vis rečiau girdėsime žmogišką balsą, vis rečiau pamatysime žmogų, valdantį įvairius mechanizmus ar dirbantį įprastą rutininį darbą. Šios tendencijos atneštų įmonėms ir savų iššūkių, kuriuos tikslingai numatyti, rengtis jiems iš anksto.







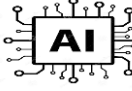


### *Sumaniosios technologijos logistikoje ir jų tipai*

Atlikus mokslinės literatūros šaltinių analizę, žemiau išskiriami dažniausiai analizuoti sumaniųjų technologijų sprendimai logistikoje, jų privalumai ir trūkumai (1 pav.).

1 lentelė. Sumaniosios technologijos logistikoje, jų privalumai ir trūkumai (sudaryta autoriaus)

Table 1. Smart technologies in logistics, their advantages and disadvantages (compiled by the author)

Technologija, autorius	Apibūdinimas	Privalumai	Trūkumai
<b>Robotizacija ir automatizavimas</b> Marchuk ir kt. (2020) 	Sandėliavime naudojami robotai sorteriai, palečių pakrovimo, rūšiavimo robotai, plėvelės apvyniojimo robotai ir t. t. Padeda automatizuoti sandėlio operacijas	Sumažina klaidų skaičių ir žmonių traumų riziką; Padidina sandėliavimo operacijų efektyvumą; Padidina produktyvumą, sumažina kaštus; Mažina žmonių darbo jėgos poreikį ir didina pristatymo bei sandėliavimo efektyvumą	Problemos dėl navigacijos sandėlio patalpose; Nepakankamai išvystytos unifikuotos technologijos; Sudėtinga sąveika su žmogumi vienoje patalpoje
<b>Didieji duomenys</b> Ivanov, Dolgui (2020) 	Efektyvus apdorojimas didelių kiekių struktūruotų ir nestruktūruotų analitinių duomenų iš įvairių šaltinių, naudojant programinius įrankius, siekiant jų tolimesnio efektyvaus panaudojimo	Sprendimų priėmimo procese mažina žmogaus dalyvavimą; Tešia mokymąsi optimizuoti sandėlio procesus; Analizuoja gautus rezultatus ir įgyvendina reikiamus pakeitimus (paklausos svyravimų prognozė, sezoniskumo aptikimas, sandėlio procesų optimizavimas ir t. t.)	Ne visiškai išnaudojamas technologijos potencialas; Renkant ir apdorojant duomenis kyla kliūčių

Technologija, autorius	Apibūdinimas	Privalumai	Trūkumai
<b>Blockchain</b> Dobrovnik ir kt. (2018) Edirisinghe, Tadesse, (2020) 	Domenų, dokumentų keitimosi, valdymo sistema, remiantis decentralizuota blokų grandine	Skaidrus, decentralizuotas, saugus keitimasis duomenimis tarp šalių; Didelis saugumas, atsekamumas; Atsiskama dokumentų įvedimo rankiniu būdu, sumažėja klaidų; Paprasta dokumentų verifikacija, greitis; Kodavimas, siuntimas, iškodavimas, gavimas ir net pinigų pervedimas gali vykti automatiškai	Besivystanti technologija; Nėra prieita prie vieningų standartų; Menkas teisinis reguliavimas; Reikalingas gilus IT srities išmanymas, daug kodavimo; Sudėtinga integracija su esamomis programomis; Neaišku, ar atsiras vienas ar du dominuojantys sprendimai, ar keli konkuruojantys sprendimai
<b>EDI</b> Huang ir kt. (2022) 	Struktūrizuotų dokumentų duomenų formavimas, pildymas ir perdavimas pagal atitinkamus standartus, leidžiantis automatizuotai siųsti, gauti, kurti ir apdoroti įvairius elektroninius dokumentus integruojant juos su naudojamomis IS sistemomis	Daug efektyvesnis dokumentų valdymo procesas; Didėja pardavimai; Mažėja žmogiškų klaidų; Mažėja atsargų lygis; Įgalina automatizuotai apdoroti duomenis; ; Mažėja išlaidos darbo vietoms; Mažėja tarša atsisakant popieriaus	Žemas duomenų saugumo lygis; Per mažai išnaudojama technologija; Aukšta kaina; Didelis susiejimo laipsnis; Reikia skirti IT struktūros ir darbo laiko įvedimams, pritaikymams
<b>RFID</b> (Vukičević ir kt. 2021). 	Naudojami radijo dažniai skaityti ir įrašyti informacijai, išsaugotai etiketėse, plačiai naudojama sandėliavimui ir sparčiai tobulėjant technologijai	Spartesnis inventoriaus valdymas; Paprastėja inventORIZACIJA, apskaita; Mažėja vagysčių tikimybė; Mažėja klaidų, gerėja prekių judėjimo kontrolė; Mažėja atsargų saugojimo laikas	Didesnės išlaidos, lyginant su popierinėmis etiketėmis; Radio bangų trikdžiai mažina efektyvų nuskaitymo atstumą; Mažas duomenų saugumas
<b>Daiktų internetas</b> Vukičević ir kt. (2021) 	Tai internetu sąveikaujantys įrenginiai (angl. <i>Internet of Things, IoT</i> ) ir pramoniniai internetu sąveikaujantys įrenginiai, siekiant matuoti ir rinkti duomenis arba valdyti nuotolinius įrenginius. Verslo procesų valdymas realiuoju laiku	Užtikrina saugumą ir apsaugą; Panaudojami sėkmingi verslo modeliai; Didina tiekimo grandinės greitį; Gerėja duomenų prieinamumas, galimas grįžtamasis ryšys; Suteikia galimybę palaikyti komunikaciją tarp įvairių įrenginių ir valdyti sandėlio energijos kaštus, produktyvumą, sekti likučius, stebėti darbų saugą	Turi būti integruota su sandėlio valdymo, verslo valdymo sistemomis, kurios turėtų būti debesyje; Prireikia daug IT darbų; Saugumo problemos
<b>3D Technologijos</b> Akkaya ir Kaya, (2019) 	Leidžia sukurti reikiamus produktus ir komponentus iš plastiko, metalo ir net žmogaus audinių remiantis kompiuteriniu 3D modeliavimu	Pagreitina gamybos greitį ir mažina kaštus; Orientuota į klientą, gaminys gali būti individualiai pritaikomas; Mažėja neigiamas poveikis gamtai; Mažina tiekimo grandinę, mažina poreikį sandėliuoti, laikyti prekes	Ribotas gaminių dydis; Aukštos žaliavų gamybai kainos; Didelės energijos sąnaudos; Pakankamai mažas žaliavinių medžiagų pasirinkimas; Technologija dar tik pradinėse vystymo stadijose
<b>Cross-docking</b> Marchuk ir kt. (2022) 	Prekių priėmimo ir paskirstymo paslauga, jų netalpinant į ilgo saugojimo sritį	Mažėja prekių apdorojimo kaštai; Mažėja prekių laikymo sandėlyje laikas; Didėja sandėlio apyvartumas; Mažėja sandėliavimo kaštai; Mažėja neigiamas poveikis gamtai	Būtina nuolat analizuoti paklausą; Atvykstančios prekės privalo būti tinkamos tolesniam paskirstymui (nereikalauti papildomų operacijų, tokių kaip perkavimas, ženklavimas ir t. t.); Sudėtinga valdyti transporto srautus, reikia pakankamai didelių kiekių
<b>Dirbtinis intelektas</b> Feng ir Ye (2021) 	Išmanieji įrenginiai, galintys atlikti užduotis, kurioms paprastai reikia žmogaus intelekto	Technologija gali užtikrinti duomenų saugumą, patikimumą, atsekamumą ir autentiškumą; Mažėja klaidų (nebėra popierinės dokumentacijos); Padidėja efektyvumas	Reikia daug IT išteklių; Turi būti aiškūs, atskirti, unifikuoti procesai, kuriuos norima pavesti DI
<b>Dronai</b> Akkaya ir Kaya, (2019) 	Automatizuotos savavaldės transporto priemonės, sandėliuose naudojamos prekėms iš sunkiai pasiekiamų vietų pasiekti, inventoriui valdyti	Galimybė prekes laikyti įvairiame aukštyje; Mažesnis prekių paėmimo laikas; Reikia mažiau darbo jėgos; Efektyvi inventoriaus apskaita	Judant ribotas saugumas; Maža galia, nepakankama autonomija; Patalpose negalima naudotis GPS; Nėra teisinės bazės
<b>Autonominis transportas</b> Marchuk ir kt. (2022) 	Savavaldės transporto priemonės, skirtos sumažinti žmogaus rankinį darbą sandėliuose sandėliuojant prekes	Reikia mažiau darbo jėgos; Efektyvi inventoriaus apskaita; Mažiau žmogiškų klaidų; Technika gali dirbti 24/7; Mažėja išlaidos darbo vietoms; Mažėja vagysčių, sugadinimų	Brangus ir sudėtingas įdiegimas; Dažnai reikalaujama atskirti nuo žmonių srautų; Reikalingos prieš tai įdiegtos pažangios sandėliavimo sistemos, jų integravimas

### ***Sumanųjų technologijų logistikoje naudojimą skatinantys veiksniai, prielaidos ir kliūtys jų diegimui***

**Autonominis transportas.** Naujaisi savavaldžių transporto priemonių technologiniai pasiekimai įgalino įmones vis plačiau naudoti savavaldes transporto priemones sandėliuose įvairiausioms funkcijoms atlikti. 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 (*Big data*), išmania vaizdo stebėjimo sistema (*DI*), sekti sandėlio likučius, atlikti inventORIZACIJĄ (Marchuk ir kt., 2022).

**Blockchain.** Anot Dobrovnik ir kt. (2018), šiuolaikiniame verslo pasaulyje duomenys apie įmonės sandorius dažniausiai saugomi privačiai ir daugeliu atvejų nėra visos informacijos vienoje vietoje. Priešingai, ši informacija yra dažnai paskirstoma vidaus funkcijoms ir verslo padaliniams, todėl sandorių patvirtinimas, suderinimas yra daug laiko reikalaujančios ir didelę klaidų tikimybę turinčios operacijos. Pavyzdžiui, įprastas atsargų pardavimas gali būti atliktas akimirksniu, tačiau pati procedūra – nurašyti likučius, užpajamuoti, perkelti, apskaičiuoti savikainas – gali užtrukti ilgai, kadangi tiekimo grandinės šalys neturi priėjimo prie viena kitos sistemų, kiekviena šalis atlikinė savo funkcijas atskirai, o ne centralizuotai (Zhang ir kt., 2022). Kaip alternatyva Blockchain yra senesnė ir labiau paplitusi EDI duomenų keitimosi sistema.

**Cross-docking.** Pastaruoju metu *Cross-docking* arba Logistikos sujungimas tampa vis populiarsnis sandėliavimo logistikoje. Tai lemia mažesnės logistikos operacijų sąnaudos dėl geresnio ploto išnaudojimo, efektyvesnio transportavimo ir operacijų efektyvumo. Vietoj tradicinio distributoriaus vaidmens, kai prekių likutis yra užtikrinamas jo sandėliuose, *Cross-docking* centras užtikrina prekių priėmimą, rūšiavimą ir išsiuntimą atsisakant prekių padėjimo į ilgo saugojimo zonas. Kitais žodžiais, *Cross-docking* galima laikyti *Just in time* technologijos pritaikymu sandėliavimo sistemai (Marchuk ir kt., 2022).

**Daiktų internetas.** Pasak Hopkins ir Hawking (2018), Tu (2018), daiktų internetą galima apibrėžti kaip pasaulinę informacinę visuomenės infrastruktūrą, leidžiančią susieti pažangias paslaugas, t. y. fizinius ir virtualius dalykus, pagrįstus esamomis ir besivystančiomis (naujomis) informacinėmis ir ryšių technologijomis. Vienas iš daiktų interneto naudojimo pavyzdžių – tai RFID prekių ženklavimas ir jų monitoringas. Daiktų internetas ir išmanūs sensoriai padeda identifikuoti prekę ir nustatyti jos buvimo vietą (Hamdi, Abouabdellah, 2022).

**DI.** Lyderiaujančių pasaulio kompanijų įdiegtos sumanios technologijos paremtos dirbtinio intelekto panaudojimu. DI technologija paremti sprendimai gali būti įvairūs, priklausomai nuo kompanijos tikslų ir pasirodymo pasitelkti įmanomas dirbtinio intelekto galimybes (Pandian, 2019; Ding ir kt., 2020). Vienas iš DI pritaikymo pavyzdžių – sandėlio valdymo sistemos integravimas su vaizdo stebėjimo sistema, paremta dirbtiniu intelektu (AI) siekiant sukurti lankstesnę, skaidresnę ir savarankiškesnę sandėlio valdymą (Sokchoo ir kt., 2021).

**Didieji duomenys Big Data.** Didžiųjų duomenų analizė skirta padėti įmonėms gauti daugiau informacijos sprendimams priimti (Hamdi, Abouabdellah, 2022). Tiek daiktų internetas, tiek didieji duomenys vaidina svarbų vaidmenį automatizuoto sprendimų priėmimo procese ir gali turėti didelės įtakos įmonės veiklos rezultatams.

**Dronai.** Šių įrenginių pritaikomumas vis plečiasi. Dronai plačiai naudojami žemės ūkyje, karyboje, apsaugoje, transporte ir logistikoje, telekomunikacijose ir t. t. Dronų panaudojimas šiuose versluose leidžia sukurti naujus verslo modelius. Dronai užtikrina didelį greitį, prieinamumą ir žemas vykdymo kainas (Akkaya ir Kaya, 2019).

**EDI** – elektroniniai duomenų mainai. (Huang ir kt., 2022). Prekybos partneriai keičiasi duomenimis per kompiuterių tinklo, duomenų perdavimo sistemas. EDI supaprastina tiekimo grandinės šalių santykių procesus atsisakant popierinių dokumentų, išlaikant popierinio dokumento teisinę galią (Klapita, 2020). Ypač EDI sistema naudinga esant ilgoms tiekimo grandinėms, kai duomenis turi gauti ir apdoroti daug grandžių (Patil, Surabhi, 2021). EDI puikiai suderinamas su *Blockchain*, dirbtiniu intelektu ir kitomis sumaniomis technologijomis.

**RFID** – Radijo dažnio identifikavimo technologija plačiai naudojama sandėliuose ir prekyboje. Etiketėje užkoduotą informaciją nesunku nuskaityti nuotoliniu būdu, taip sumažinant klaidų, žmogaus skaičiavimo. Sistema gali būti integruojama su daiktų interneto principu veikiančiomis sistemomis, autonominiams krautuvais, ar kita nuskaitymo antena turinčia įranga. Kaip pigesnė alternatyva RFID gali būti pasitelkiant DI naudojama sandėlio vaizdo stebėjimo sistema ir QR kodais ženklinti padėklai (Vukičević ir kt., 2021).

**Robotizacija, automatizavimas.** Autonominių krautuvų pastaruoju metu tema yra plačiai vystoma, daug didžiųjų kompanijų, kaip *Amazon*, *BMW* ir kitos, investuoja į sandėliavimo vietų automatizavimą. Hsia ir kt. (2018) teigiamai vertina pramonę 4.0 teikiamas inovacijų galimybes ir pažymi teikiamas naudas vartotojams ir tiekimo grandinėms.

Įmonės, kaip *Boston Dynamic*, *Ford*, *Ocado*, *Tesla* ir kt., labai pažengusios robotizacijos srityje, kuria unikalius robotus, kurie gali suteikti žymų postūmį logistikos sektoriui ateityje.

**3D spausdinimas.** Įmonės plačiai naudoja 3D spausdinimą kuriant, modeliuojant naujus produktus, dizainus, taip sutaupydamos daug lėšų produktų kūrimo ir modeliavimo laikui. Įmonės vis dažniau susiduria su pasirinkimo situacija: užsakyti prekę ar atsarginę dalį, ar atspausdinti. Ši technologija ateityje gali labai sutrumpinti tiekimo grandinės palikdama tik žaliavų tiekimo grandinę (Akkaya ir Kaya, 2019).

Apibendrinant galima teigti, kad taikant sumanias technologijas labai svarbus tinkamas inovacijų integravimas, susiejimas, tinkama jų sąveika. Svarbios ne tik pačios inovacijos, bet ir kompleksinis požiūris į jas. Autoriai Shcherbakov, Silkina (2021) teigia, kad sudėtingėjantiems logistikos procesams reikia vis daugiau valdymo resursų ir jų integracijų. Anot Cimini ir kt. (2020), logistika 4.0 suteikia naują požiūrį į žmogaus darbą. Darbuotojas, vis labiau sąveikaudamas su išmaniais įrenginiais, evoliucionuoja į *Operatorių 4.0*. Diegiant sumanias technologijas svarbu apsvaistyti visas alternatyvas ir įvertinti, kuri yra tinkamiausia finansine, priežiūros, pritaikomumo prasme (Edirisinghe, Tadesse, 2020).

Vienas iš veiksnių, skatinančių įmones investuoti į sumanias technologijas, yra noras sumažinti rizikas (Wang ir kt., 2019). Kitas svarbus veiksnys – pasikeitę klientų lūkesčiai. Naujoji pramonės 4.0 revoliucija įgalino individualią gamybą masiniam pritaikymui. Tenka iš naujo apibrėžti logistikos vaidmenį ir poreikį tiekimo grandinėms būti lankstesnėms, skaidresnėms, taikyti paklausa pagrįstos tiekimo grandinės ir integruotus verslo modelius.



## IŠVADOS

Atlikta mokslinės ir kitos literatūros analizė apie sumanias technologijas logistikoje. Pasirinkti 25 labiausiai temą atitikę moksliniai straipsniai. Straipsnių temos dažniausiai susijusios su sandėlių veikla, automatizavimu, robotizavimu, duomenų valdymu, logistika 4.0.

Atlikus mokslinės ir kitos literatūros analizę atskleista, kad pagrindinės sumaniųjų technologijų logistikoje grupės yra Robotizacija, automatizavimas, Didieji duomenys, Dronai, 3D, Crossdocking, Autonominis transportas, RFID, EDI, Blockchain, DI, Daiktų internetas. Dauguma aprašytų sumaniųjų technologijų yra integruojamos, viena kitą papildančios, kiekviena iš jų turi privalumų ir trūkumų. Dažniausiai minimi šie privalumai: proceso spartinimas, žmogiškųjų klaidų mažinimas, padidėjęs veiklos efektyvumas, didėjantis saugumas, mažesni kaštai. O dažniausiai minimi trūkumai: besivystanti technologija, sudėtingas, brangus įdiegimas, sistemos palaikymo poreikis, sudėtinga integracija.

Kaip pagrindines prielaidas sumaniosioms technologijoms diegti galima įvardinti besikeičiančius vartotojų poreikius, norą sumažinti žmogaus darbo procese, sumažinti klaidų kiekį, efektyvinti verslo procesus, didėjantys reikalavimai informacijai, besikeičiančios, spartėjančios tiekimo grandinės, noras sumažinti rizikas. Daugeliui sprendimų išvystyti reikia aktyvios valdžios institucijų, visuomenės paramos, įmonių vadovybės įsitraukimo. Dažnai susiduriama su nepakankamu teisiniu reguliavimu, draudimais ir kitais apribojimais.

## LITERATŪRA

1. Akkaya M., Kaya H. 2019. Innovative and smart technologies in logistics. Prieiga per internetą: [https://www.researchgate.net/publication/338423597\\_INNOVATIVE\\_AND\\_SMART\\_TECHNOLOGIES\\_IN\\_LOGISTICS](https://www.researchgate.net/publication/338423597_INNOVATIVE_AND_SMART_TECHNOLOGIES_IN_LOGISTICS)
2. Barczak A., Dembinska I., Marzantowicz L. 2019. Analysis of the Risk Impact of Implementing Digital Innovations for Logistics Management. Processes, Vol. 7(11), 815. <https://doi.org/10.3390/pr7110815>
3. Bo F.E.N.G., Qiwen Y.E. 2021. Operations management of smart logistics: A literature review and future research. *Frontiers of Engineering Management*, Vol. 8, p. 344-345. <https://doi.org/10.1007/s42524-021-0156-2>
4. Cimini C., Lagorio A., Romero D., Cavalieri S., Stahre J. 2020. Smart Logistics and The Logistics Operator 4.0. *IFAC-PapersOnLine*, Vol. 53(2), p. 10615-10620 <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2020.12.2818>
5. 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*, Vol. 24, p. 323-345. <https://doi.org/10.1080/13675567.2020.1757053>
6. Ivanov D., Dolgui A. 2020. A digital supply chain twin for managing the disruption risks and resilience in the era of Industry 4.0. *Production Planning & Control*, Vol. 32(9), p. 775-788. <https://doi.org/10.1080/09537287.2020.1768450>
7. Dobrovnik, Herold, Fürst, Kummer .2018. Blockchain for and in Logistics: What to Adopt and Where to Start. *Logistics*, Vol. 2, ID18. <https://doi.org/10.3390/logistics2030018>
8. El Hamdi S., Abouabdellah A. 2022. Logistics: Impact of Industry 4.0. *Applied Sciences*, Vol. 12, 4209. <https://doi.org/10.3390/app12094209>
9. Hopkins J., Hawking P. 2018. Big Data Analytics and IoT in logistics: a case study. *The International Journal of Logistics Management*, Vol. 29 No. 2, pp. 575-591. <https://doi.org/10.1108/IJLM-05-2017-0109>
10. Hsia, Wu, Lin, Zhong, Zhuang, 2018 Taiwan. Development of Auto-Stacking Warehouse Truck <https://doi.org/10.2991/jrnal.2018.4.4.17>
11. Zhang L., Hang L., Kim D. 2022. Design of Logistics Information Traceability System Based on Blockchain. *Proceedings of the Korea Information Processing Society Conference*, <https://doi.org/10.3745/PKIPS.y2022m05a.244>
12. Lozzi, Iannaccone, Maltese, Gatta Marcucci and Lozzi. 2022. On-Demand Logistics: Solutions, Barriers, and Enablers. Italija, Norvegija. <https://doi.org/10.3390/su14159465>
13. Marchuk V.Ye., Harmash O.M., Ovdienko O.V. 2020. World trends in warehousing logistics. *Electronic scientific and practical publication in economic sciences*, No. 2, p. 32-50. <https://doi.org/10.46783/smart-scm/2020-1>
14. Vincent N.E., Blockchain A.T. 2020. Blockchain or EDI. *Strategic Finance*, p. 1-15. [https://www.researchgate.net/publication/354143157\\_Blockchain\\_or\\_EDI](https://www.researchgate.net/publication/354143157_Blockchain_or_EDI)
15. Pandian P. 2019. Artificial Intelligence Application in Smart Warehousing Environment for Automated Logistics. *Journal of Artificial Intelligence and Capsule Networks*, Vol. 1(2), p. 63-72. <https://doi.org/10.36548/jaicn.2019.2.002>
16. Huang Q., Sun L., Jia F., Yuan J., Wu Y., Pan J. 2022. Automatic Scaling Mechanism of Intermodal EDI System under Green Cloud Computing. *Journal of Advanced Transportation*, Special Issue, ID 4390923. <https://doi.org/10.1155/2022/4390923>
17. Erentaitė R., Žukauskienė R. 2011. Akademinio raštingumo pagrindai. Vilnius: MRU <https://repository.mruni.eu/bitstream/handle/007/16802/9789955193609.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
18. Patil S. T., Jadhav S. 2021. „Magic XPI Integration Component – EDI“, *International Journal of Scientific Research in Computer Science, Engineering and Information Technology*, Vol. 7(3), p 611-614. <https://doi.org/10.32628/CSEIT2173133>

19. Shcherbakov V., Silkina G. 2021. Supply Chain Management Open Innovation: Virtual Integration in the Network Logistics System. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, Vol. 7(1), ID 54. <https://doi.org/10.3390/joitmc7010054>
20. Sokchoo, Tai, Chai, Tan, and Rahman. 2021. SFlex-WMS: a novel multi-expert system for flexible logistics and warehouse operation in the context of Industry 4.0. *SHS Web Conf.*, Vol. 124 <https://doi.org/10.1051/shsconf/202112410002>
21. Strandhagen J.O., Vallandingham L.R., Fragapane G., Strandhagen J.W., Stangeland A.B., Sharma, N. 2017. Logistics 4.0 and Emerging Sustainable Business Models. *Advances in Manufacturing*, Vol. 5, p. 359-369. <https://doi.org/10.1007/s40436-017-0198-1>
22. Tu M. 2018. An Exploratory Study of Internet of Things (IoT) Adoption Intention in Logistics and Supply Chain Management: A Mixed Research Approach. *The International Journal of Logistics Management*, Vol. 29 (1), p. : 131–151. <https://doi.org/10.1108/ijlm-11-2016-0274>
23. Klapita V. 2020. Electronic data interchange as an effective method of communication Between Customers and Transport Company. [Prieiga per internetą <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>]
24. Vukićević A., Mladineo M., Banduka N., Mačuzić I. 2021. A smart Warehouse 4.0 approach for the pallet management using machine vision and Internet of Things (IoT): A real industrial case study. *Advances in Production Engineering & Management*, Vol. 16(3), p. 297-306. <https://doi.org/10.14743/apem2021.3.401>
25. 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* Vol. 2(2), p.83-99. <https://doi.org/10.1108/MSCRA-07-2019-0015>
26. Winkelhaus S., Grosse E.H. 2020. Logistics 4.0: a systematic review towards a new logistics system. *International Journal of Production Research*, Vol. 58, No. 1, 18–43. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1612964>

## SMART TECHNOLOGIES AND THEIR USAGE POSSIBILITIES IN LOGISTICS

### Summary

The fourth industrial revolution has significantly influenced the activities of logistics companies and contributed to the development of the concept of Logistics 4.0, which aims to sustainably meet the individual needs of customers without increasing costs and using digital technologies (Strandhagen et al., 2017). The topic is relevant due to the rapidly changing business conditions and the goals set in the long-term strategies of companies to pursue sustainable, efficient activities based on innovative work methods and smart technologies. The purpose of the study is to review the main smart technologies in logistics and describe their advantages and disadvantages. Applied methods: analysis and synthesis of scientific literature. The obtained results showed that the use of smart technologies in the practice of companies reduces the amount of unnecessary operations, processes become smarter and clearer, the need for manpower is reduced, "paperwork" is minimized, improves work productivity, changes information access and processing methods, improves analysis and control mechanisms, increases profits, and is one of the main guarantors of rapid growth and development. Implementing smart technologies is a continuous logistical process. It is not only an increase in operational efficiency, but also a contribution to ecology and sustainability.

**Keywords:** logistics; smart technologies; industry 4.0; automation.