

## DAIKTŲ INTERNETO TECHNOLOGIJŲ TAIKYMAS LOGISTIKOJE

Jurgita PANAUVĖ\*, Aurelija BURINSKIENĖ

*Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Verslo vadybos fakultetas,  
Verslo technologijų ir verslininkystės katedra, Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lietuva*

*\*El. paštas [jurgita.panave@stud.vilniustech.lt](mailto:jurgita.panave@stud.vilniustech.lt)*

Gauta 2022 m. gruodžio 7 d.; priimta 2023 m. balandžio 13 d.

**Santrauka.** Daiktų interneto technologijos sparčiai tobulėja ir jos imtos taikyti versle, taip pat ir logistikoje. Plačios daiktų interneto panaudojimo galimybės leidžia logistikos įmonėms ne tik sumažinti veiklos sąnaudas, apsaugoti savo ir klientų turtą, bet ir tapti konkurencingoms rinkoje. Įnoringi klientai ieško inovatyvių, šiuolaikiškų ir tvarių įmonių. Daiktų internetas prisideda ir prie energijos taupymo, reikalingų sąlygų užtikrinimo ir palaikymo bei savalaikės informacijos gavimo bei reagavimo. Tyrimo tikslas – įvertinti logistikos įmonių daiktų interneto panaudojimą skirtingose veiklos sferose, pateikti Europos šalių logistikos įmonių investicijas į daiktų interneto technologijas skirtinguose savo veiklos sektoriuose. Analizuojant mokslinę literatūrą apžvelgti svarbiausi aspektai ir sąvokos. Pasitelkus „Eurostat“ statistinius duomenis buvo atlikta regresinė analizė, siekiant patikrinti duomenų multikolinearumą ir kriterijų tarpusavio ryšį. Vėliau atliktas daugiakriteris vertinimas TOPSIS metodu, siekiant išsiaiškinti, kuri Europos valstybė per pastaruosius metus daugiausiai investavo į daiktų interneto technologijas. Klasterinė analizė parodė valstybių grupes, kurios logistikos versle daugiau ar mažiau investavo į daiktų interneto technologijas. Tyrimai leido nustatyti daiktų interneto technologijų naudą ir pasiskirstymą logistikos įmonėse Europoje ir kuriose logistikos verslo srityse taikomos inovacijos. Rezultatai įrodo, kad daiktų interneto technologijos logistikoje sparčiai taikomos ir nuolatos vystosi bei tobulėja.

**Reikšminiai žodžiai:** daiktų internetas, logistika, inovacijos, Logistika 4.0, daiktų interneto technologijos, logistikos procesai, sandėliavimas.

### Įvadas

Šiuolaikiniame versle nuolat susiduriama su naujais iššūkiais. Ne tik ekonominė ar finansinė aplinka veikia įmonės veiklos rezultatus, bet ir inovacijų pritaikymas veikloje. Tikslas patenkinti klientų poreikius, sumažinti gamybos ar paslaugų kaštus reikalauja investicijų į išmaniąsias technologijas ir jų diegimą savo verslo viduje ir aplinkoje. Sparčiai besivystantis daiktų internetas taip pat yra viena iš galimybių pagerinti, optimizuoti ir padaryti paklausesnį įmonės produktą ar paslaugą. Daiktų internetas leidžia organizacijoms diegti ir teikti naujas paslaugas greičiau ir su mažesne rizika. Terminas „išmanusis“ dažnai vartojamas pakaitomis su daiktų internetu. Kiekvieną dieną internetas patiria didelių pokyčių. Žmogus yra pagrindinis interneto kūrėjas. Mokymasis iš mašinų į mašiną (M2M) gali būti vertinamas kaip būsimas interneto įvertinimas daiktų internetui (Balisampang et al., 2018). Dažnu atveju duomenis gauname iš įrenginių, kurie sąveikauja su kitais įrenginiais interneto

ar kitu ryšiu ir geba tarpusavyje keistis duomenimis bei išskiria aktualiausius pokyčius, kurie yra svarbiausi.

Daiktų internetas tampa vis populiariesnis tarp akademių, verslo ir vyriausybinių organizacijų, nes taip galima turėti asmeninių, profesinių ir ekonominių pranašumų (Zhong et al., 2017). Technologijos visad yra paklausios ir visuomenė noriai jas priima. Verslas, naudojantis daiktų interneto technologijas, tampa patrauklesnis klientams, taip pritraukdamas naujų klientų bei užsitikrindamas esamų lojalumą. Akademikai ir mokslininkai stebi ir tiria daiktų interneto poveikį visiems verslo sektoriams.

Daiktų internetas apima plačias sritis, įskaitant gamybą, sveikatos sektorių, žemės ūkį, išmaniuosius miestus, saugumą ir ekstremalias situacijas bei daugelį kitų. Dirbdamos su daiktų internetu, įmonės jau pastebi produktų ir paslaugų pardavimų augimą diegdamos naujoves ir gerindamos klientų patirtį. Netrukus, norint, kad įmonės išliktų konkurencingos, daiktų internetas taps privalomas, o alternatyvos nebus. Tačiau net ir esant

tokiai didžiulei galimybei ir žinant, kad jų verslui gali kilti pavojus, dauguma įmonių vis tiek lieka nepasirengusios daiktų internetui. Logistikos sektorius nėra išimtis, todėl daiktų interneto panaudojimas galimas ne tik transporto priemonėse, bet ir jų valdymo srityje, taip pat darbuotojų darbui optimizuoti, kaštams sumažinti, tiekimo grandinei valdyti. Daiktų internetą logistikoje galima panaudoti skirtingose jos srityse ir skirtingais tikslais. Pasitelkus daiktų internetą galima spręsti vidines veiklos sąnaudų problemas, verslo veiklos, susijusios su klientų aptarnavimu, aspektus bei privalomųjų poreikių pagal numatytus reguliavimo nuostatus tenkinimą. Technologijoms vis labiau tobulėjant ir skverbiantis į visas verslo sritis, taip pat ir į logistikos, atsiranda problema, kai reikalinga išsiaiškinti, kokius pokyčius logistikos įmonių veiklos rezultatuose sukėlė daiktų internetas ir kokioms šio verslo sritims tai duos daugiausiai naudos? Siekiant išanalizuoti išsiskelę problemą, pasirinktas objektas – daiktų interneto technologijos logistikoje. Straipsnio tikslas – įvertinti logistikos įmonių daiktų interneto panaudojimą skirtingose veiklos sferose. Tai yra daiktų interneto technologijų pritaikymas tiesiogiai su logistikos paslaugomis susijusioje veikloje, siekiant sumažinti veiklos sąnaudas. Taip pat daiktų interneto naudojimas pagal valdančiųjų institucijų pareikalavimą. Straipsnyje siekiama pateikti rezultatus bei išvalgas apie Europos šalių logistikos įmonių investicijas į daiktų internetą savo veikloje. Šiam tikslui pasiekti taikyta mokslinės literatūros analizė, taip pat tyrimui atlikti buvo pasirinktas variantų prioriteto nustatymas pagal artumą idealiame taške, kriterijų metodas – TOPSIS metodas (angl. *Technique for order preference by Similarity to Ideal Solution*), atlikta klasterinė analizė. Gauti duomenys apdoroti taikant aprašomosios statistikos metodą.

## 1. Literatūros apžvalga

### 1.1. Daiktų interneto samprata

Interneto raidą galima būtų suskirstyti į penkias eras: dokumentų internetas (el. bibliotekos, dokumentais pagrįsti tinklalapiai), komercijos internetas (el. komercija, elektroninė bankininkystė ir vertybinių popierių prekybos svetainės), programų internetas (Web 2.0), žmonių internetas (socialiniai tinklai) ir daiktų internetas (prijungti įrenginiai) (Licite-Kurbe & Chandramohan, 2020). Yra keletas pagrindinių veiksnių, kurie prisidėjo prie daiktų interneto plėtros, kai kurie iš jų yra tinklo galimybių išplėtimas, duomenų analizės įrankių įdiegimas ir naujų standartų kūrimas. Atsižvelgiant į pastarųjų metų daiktų interneto aktualijas, daiktų internetas sulaukė daug mokslininkų ir praktikų iš viso pasaulio dėmesio. Įvairūs autoriai išanalizavo daiktų

internetu apibrėžimus, jo svarbą ir taikymą įvairiose pramonės šakose ir daiktų internetu naudą bei iššūkius. Daiktų internetas turi potencialą pakeisti įvairių pramonės šakų skaitmenizavimo procesus.

Daiktų interneto sąvokos ir apibrėžimai atsirado palyginti ne taip seniai. Visuose apibrėžimuose daugiausia vyrauja reikšminiai žodžiai: įrenginiai, tinklas ir duomenys. Šios pagrindinės sudedamosios dalys palengvina ir pagreitina procesų, kuriems pasitarnauja, veikimą. Sričių, kuriose daiktų internetas plėtojamas, yra begalė, tai nuo paprasto buitinio vartotojo iki verslo, paslaugų ir gamybos įmonių ar miestų infrastruktūrų bei valstybinių institucijų. Atzori et al. (2010) nurodo, kad daiktų internetas yra trijų dalykų internetas, būtent: žmonės – žmonės, žmonės – daiktai ir daiktai – daiktai, sąveikaujantys per internetą, o Dlodlo (2015) teigia, kad daiktų internetas yra tarpusavyje sujungtų įrenginių tinklas ir duomenys, kuriais galima dalytis, priimti sprendimus, vykdyti komandas ir pasiūlyti įvairių naudingų paslaugų. Pagrindinės daiktų interneto savybės yra jungiamumas, nevienalytiškumas, unikalus tapatumas, intelektas, dinamiški pokyčiai, prisitaikymas prie savęs, jautumas, energija, architektūra, mastelio keitimas, saugumas ir patikimumas. Daiktų internetas turi savo technologijų rinkinį, padedantį sujungti daiktus, gauti duomenis ir susisiekti su kitomis programomis. Įrenginių skaičius sparčiai plečiasi. Šie objektai apima mobiliuosius įrenginius, tokius kaip išmanieji telefonai, planšetiniai kompiuteriai ir nešiojamieji įrenginiai, pvz., kūno ren gybos stebėjimo prietaisai ir išmanieji laikrodžiai, taip pat pramoninės mašinos ir transporto sistemos (Lupton, 2020). Papatsimouli et al. (2022) daiktų internetą apibūdina kaip technologiją, kai objektai įterpiami su jutikliais, programine įranga ir kitomis technologijomis, kad būtų galima prisijungti ir keistis duomenimis su kitais įrenginiais ir sistemomis internetu. Pagrindinis daiktų interneto tikslas – įrenginių veikimas realiuoju laiku, dėl to kasdienio gyvenimo tobulinimas ir duomenų rinkimas vyksta be žmogaus įsikišimo. Šiais laikais daiktų internetą galima apibūdinti kaip tankų sujungtų fizinių dalykų tinklą, kuris lengvai pasiekiamas internetu. Daiktų interneto „daiktai“ yra objektai, turintys su jais susietą IP adresą ir galintys jausti bei perduoti duomenis tinkle be žmogaus įsikišimo. Objektuose įdiegta technologija padeda jiems sąveikauti tarpusavyje ir su fizine aplinka (Sharma & Patel, 2017). Daiktų internetas yra skaičiavimo koncepcija, apibūdinanti idėją apie kasdienes fizinius objektus, kurie yra prijungti prie interneto ir gali identifikuoti save kituose įrenginiuose, ir jis tampa populiarus kasdieniame gyvenime ir versle (Licite-Kurbe & Chandramohan, 2020). Nors dabartinės daiktų internetą įgalinančios technologijos pastaraisiais

metais labai patobulėjo, vis dar yra daug pavojų ir iššūkių, į kuriuos reikia atkreipti dėmesį. Viena vertus, šie duomenys yra gelbėtojai, o, kita vertus, per daug duomenų be veiksmų plano gali neigiamai paveikti įmonės darbą. Duomenų rinkimo intensyvumas turėtų būti ribojamas, o duomenys filtruojami tam, kad pasitarnautų procesų kokybei gerinti. Tai reikšia, kad jei procesas nėra tinkamai parengtas nuo pat pradžių ir duoda neigiamą grąžą, duomenų naudojimas ir daiktų interneto sprendimas tik pablogins problemą ir galbūt perkels ją į kitą lygį (Tao et al., 2014).

Akivaizdu, kad atėjo laikai, kai ne tik žmogaus valdomas kompiuteris gali būti prijungtas prie tinklo, tačiau taip pat ir kiti įvairios paskirties skaitmeniniai prietaisai, kuriems nėra būtinas tiesioginis žmogaus įsikišimas, nes valdymas gali būti patikimas dirbtiniam intelektui.

## 1.2. Daiktų interneto technologijų taikymas logistikoje

Logistika apima daugybę veiklos šakų, kuriose galimi inovatyvūs sprendimai ir daiktų interneto panaudojimas. Logistikos 4.0 technologijų, tokių kaip daiktų internetas, dirbtinis intelektas, debesų kompiuterija ir kt., įdiegimas tradicinėje sandėliavimo ir logistikos pramonėje sukėlė revoliuciją, todėl įvyko reikšmingų įvairių operacijų ir sprendimų priėmimo pokyčių. Padidėjusi tarptautinė prekyba visame pasaulyje išplėtė rinkas, kuriose veikia įmonės, kartu padidindama produktų ir paslaugų paklausą bei įvairovę. Tai paskatino poreikį gauti daugiau informacijos ir matomumo valdant tiekimo grandines ir logistikos veiklą. Dėl šios priežasties šiandien paspartėjo daiktų interneto, vieno iš svarbiausių Pramonės 4.0 elementų, plitimas. Aydınocak (2022) teigia, kad daiktų interneto teikiama duomenų rinkimo galia ir gebėjimas greitai šiuos duomenis paversti informacija užtikrina, kad visa tiekimo grandinėje vykdoma veikla būtų geriau matoma. Tokiu būdu buvo palengvinta prekių ir informacijos srautų kontrolė logistikos veikloje, sumažintos sąnaudos, o svarbiausia – daiktų interneto technologijos padėjo įmonėms didinti klientų pasitenkinimą didinant konkurencingumą.

Didėjant interneto aprėpčiai, daugėja ir fizinių objektų, kurie prisijungia prie interneto. Daiktų internetas susilaukė daug dėmesio, ypač pastaraisiais metais, nes lėmė reikšmingus gyvenimo būdo pokyčius naudojant naujas technologijas, tokias kaip mašina į mašiną (M2M) komunikacija, kontekstą suvokianti kompiuterija ir radijo dažnio atpažinimas (RFID) (Golpîra et al., 2021). Šios technologijos leidžia identifikuoti, prijungti, pritaikyti ir lokalizuoti bei sekti ir stebėti tokius objektus kaip nešiojamieji įrenginiai, išmanioji buitinė technika, išmaniosios transporto priemonės ir dronai bei išmaniosios

pramonės automatizavimo ir logistikos programos atviraime, milžiniškame savarankiškai sukonfigūruojamame ir dinamiškame interneto tinkle. Tai pagerina našumą, tikslumą ir ekonominį pelningumą integruojant fizinių pasaulį tiesiai į kompiuterines sistemas ir tinklus be žmogaus įsikišimo. Naudojant RFID, artimojo lauko ryšių (NFC) ir pasaulinės padėties nustatymo sistemos (GPS) technologijas, daiktų interneto technologija gali ne tik užtikrinti operacijų matomumą realiuoju laiku, bet ir sukurti vertę tiek vartotojams, tiek tiekėjams rinkoje (Oliveira et al., 2013). Logistikos procesų valdymas ryšio priemonėmis, jutikliais paspartina įmonės darbą, pagreitina informacijos rinkimą ir atsekamumą. Ne tik gamintojams, bet ir logistikos pramonei rūpi, kaip tvarkyti krovinius. Reaguojant į šį susirūpinimą, RFID žymos gali teikti ir atnaujinti informaciją apie krovinį, pvz., saugojimą, atsargas ir pristatymo sąlygas, kad būtų galima nedelsiant valdyti, stebėti ir sekti per tinklo ryšį. Jos gali aptikti krovinį, kad būtų išvengta poslinkio ir praradimo, o svorio jutikliai taip pat gali būti naudojami siekiant išvengti transporto priemonių perkrovos. Be to, GPS ir pasaulinė mobiliojo ryšio sistema (GSM) gali būti panaudota siekiant realiuoju laiku sekti transporto priemonių padėtį (Prasanna & Hemalatha, 2012). Dėl klientų užsakymų sudėtingumo ir įvairovės pamažu didėja realiojo laiko informacijos ir duomenų kokybės poreikis. Daiktų internetas yra naujos kartos į internetą prijungtų įterptinių informacinių ir ryšių technologijos, kurios kartu integruoja tiekimo grandinę ir logistikos veiklą skaitmeninėje aplinkoje (de Vass et al., 2018). Daiktų interneto integravimas su sandėliavimo funkcija padeda patikimai, objektyviai ir greitai priimti sprendimus. Gamybos logistikos ir tiekimo grandinės architektūros sistema, pagrįsta daiktų internetu, gali būti naudojama įvairiuose atskiruose gamybos sektoriuose, įskaitant automobilių, lėktuvų, dviračių, buitinės technikos ir elektronikos gaminius.

Didėjantis techninių indėlių naudojant daiktų internetą skaičius rodo, kad technologijos vystosi, o standartizacijos pastangomis remiamas mokymosi ir taikymo procesas. Del Giudice (2016) teigia, kad lengvas montavimas, standartizavimas, tvirtumas, konfigūravimas ir aptarnavimas yra būtini norint, kad daiktų interneto sistemos veiktų, taigi, jos būtų naudingos verslo procesų valdymui kiekvienoje pramonės šakoje. Verslo procesų valdymo požiūriu vertės kūrimas nuo daiktų interneto taikymo iki technologinio atgaivinimo yra labai svarbus ir artimiausiais metais turės įtakos daiktų interneto technologijų naudojimui pramonėje. Daiktų interneto technologija suteikia aukštos kokybės informaciją, įgalinama greitą, tikslų ir savalaikį perdavimą, kad būtų sukurta dinamiška gamybos logistikos sistemų kontrolė. Todėl

daiktų internetas gali būti daugelio efektyvių gamybos logistikos pokyčių šaltinis, ypač pasauliniu mastu, kadangi gamybos logistika įmonės viduje ir tarp įmonių sudaro maždaug 95 % viso gamybos proceso (Qu et al., 2016). Lydia et al. (2022) aprašo su sandėliavimo sistemos jutikliais veikiantį sandėlį, kuris daiktų interneto technologijomis pats savarankiškai reguliuoja sandėlio aplinkos mikroklimatą. Temperatūros, drėgmės, vibracijos, dūmų ar ugnies jutikliai perduoda informaciją į valdiklį, kuris pagal iš anksto paruoštus nustatymus įjungia drėkintuvą, ventiliatorių, vandens purkštuvus, signalizaciją ar kitą įrenginį. Yra daug sudėtingų aspektų, į kuriuos turi atsižvelgti sandėlio atsargų valdymo sistema, nes realiame pasaulyje sandėlis yra apribotų matmenų. Tikslumas parodo, koks yra svyravimas nuo numatytos vietos iki tikrosios ar pradinės vietos. Taigi sistemos tikslumas turėtų būti didelis, laikantis tikslios apimties. Prekės sekimo sistema sukonstruota atitinkamai, ji turi veikti tiksliai. Tejesh ir Neeraja (2018) teigia, kad visada reikia pasirūpinti išlaidomis, nes sistemos įdiegimas neturi būti didelių išlaidų priežastis. Realioju laiku sistema turi stebėti produktų skaičių, todėl sistema turi būti itin tiksli, tai daro įtaką jos kainai. Programos lankstumas ir pritaikymas yra svarbus iššūkis, nes sukurta sistema bus skirta atskiriems sekimo elementams su nedideliais pakeitimais. Sistema turėtų teikti paslaugas vartotojams, tačiau neturi trikdyti jų kasdienio darbo ritmo, jei įvyktų gedimas. Sistema turi būti patogi vartotojui ja naudotis.

Hopkins ir Hawking (2018) pabrėžia, kad ekologiškas vairavimas, kurį įgalina daiktų interneto technologija, turi pasekmių logistikos įmonėms, vairuotojams ir visai visuomenei. Daiktų interneto technologijų panaudojimas ne tik prisideda prie tvarumo vystant transporto sektorių, jis parodo konkrečias vietas, kur daromos klaidos ar kur yra neatitikimų, kurie gali būti pakeisti. Kuro taupymas, signalai vairuotojams, taršos mažinimas ir dar daugiau, naudojant daiktų internetą, pakelia verslo lygį inovatyvumo srityje. Logistikos 4.0 sistema gali būti naudojama nustatant būsimas logistikos strategijas ir technologijas, taip pat gali būti naudojama kuriant naujus technologijų sprendimus, atitinkančius esamus ir būsimus poreikius (Winkelhaus & Grosse, 2020). Kumar et al. (2022) pastebi, kad daiktų interneto technologijų tyrimai sandėliavimo ir operacijų srityje labai išaugo, ypač išsivysčiusiose šalyse, daugiausia dėmesio skiriant konceptualiems, apžvalginiams ir apklausomais pagrįstiems šios srities tyrimams.

Taigi apibendrinus daiktų internetas logistikoje nėra naujiena ir šios technologijos nuolatos diegiamos ir vystomos. Pagrindinės logistinės veiklos sferos, kuriose naudojamos šios inovatyviosios technologijos, yra ne tik tiesiogiai su veikla susijusios paslaugos, bet ir

palaikantys procesai. Tiesiogiai su paslaugomis susijęs jutiklių, ryšio priemonių naudojimas, logistinių procesų greitinimas gaunant informaciją iš transporto priemonių, sandėliavimo taškų. Palaikantieji procesai yra valdomo ir klientų turto apsauga, veiklos vykdymo kaštų mažinimas, energijos taupymas, tvarumo versle vystymas. Neretai išmaniąsias technologijas, tarp jų ir daiktų internetą, priverčia diegti išaugusios veiklos sąnaudos, rinkos paklausa inovatyvumui ir tvarumui neabejingų įmonių bei teisinis verslo reguliavimas. Skirtingose valstybėse galimi teisiniai reikalavimai įdiegti vieną ar kitą technologiją logistikos versle tam, kad būtų lengvai prieinama, skaidri informacija apie vykdomą veiklą.

## 2. Tyrimo metodologija

Straipsnio tikslui pasiekti buvo pasirinkta atlikti surinktų statistinių duomenų vertinimą. Duomenys surinkti „Eurostat“ duomenų bazėje už 2021 metus. Vertinama 31 Europos valstybė, nes likusiųjų šalių duomenų nėra arba jie neteikiami. Tyrimui atlikti atrinkti daiktų interneto panaudojimo logistikoje kriterijai, kurie statistiškai turi reikšmę ir pagal juos renkami duomenys daugelyje Europos valstybių ir saugomi „Eurostat“ duomenų bazėje.

*Pirmasis kriterijus.* Inovacijos logistikoje – apima visas naujoves, įdiegtas šioje srityje. Statistiniai duomenys parodo, kiek Europos logistikos įmonių per 2021 metus diegė naujovių savo versle. Inovacijos – tai tikras strateginis iššūkis, su kuriuo susiduria įmonės, kurių tikslas yra sugebėti nuolat generuoti geras idėjas ir paversti jas sėkmingais rinkoje produktais ir paslaugomis. Prie naujovių diegimo logistikos įmonėse taip pat priskiriamas ir daiktų internetas.

*Antrasis kriterijus.* Daiktų internetas gamybos procesams ir logistikos valdymui. Pritaikius operacines sistemas prie gamybos mašinų ir įrenginių mažinamas žmogiškųjų klaidų skaičius, lengvinama apskaita, atsiranda galimybė rinkti statistinius duomenis apie gamybos ar logistikos procesus, logistines klaidas ar trikdžius.

*Trečiasis kriterijus.* Logistikos procesų valdymas ryšio priemonėmis, jutikliais. Įsigilina į logistikos valdymo dalį, kuri susijusi su tiesiogine veikla. Daiktų interneto panaudojimas per jutiklius, skirtus sekti produktus ar transporto priemonės sandėlio valdymo procese. Jutikliai galimi ant sandėlio įrenginių, kurie perduoda duomenis apie jų darbo našumą, užimtas vietas ar apskritai vietą sandėlyje. Sandėlio krovos įrenginiuose esantys jutikliai gali parodyti jų darbo greitį, prastovas, galima sekti įrenginių naudotojų darbo režimą. Taip pat jutikliai parodo krovinių pozicijas sandėlyje, sandėlio apkrovas, laisvas pozicijas. Palengvina konkretaus produkto suradimą.

*Ketvirtasis kriterijus.* Daiktų internetas patalpų saugumui užtikrinti. Tam, kad būtų pasiekti ne tik

valstybiniai saugumo ir darbo saugos reikalavimai, bet ir papildomai apsaugotas savo ir klientų turtas, pasitelkiamas daiktų internetas. Tai gali būti išmaniosios signalizacijos sistemos, dūmų detektoriai, durų spynos, apsaugos kameros. Statistiniai duomenys parodo, koks procentas pasirinktos šalies įmonių naudoja šias saugos sistemas.

*Penktasis kriterijus.* Daiktų internetas mašinų ir transporto priemonių priežiūrai. Norint apsaugoti nuo nenumatytų veiklos sutrikimų, įrangos gedimų, transporto priemonių gedimų, pasitelkus daiktų internetą renkami duomenys apie mašinų techninę būklę. Dažnai nutinka taip, kad periodinės patikros neužtenka ir gedimų atsiranda dar iki patikros ar po jos. Integruoti pritaikyti jutikliai gali perduoti įrenginių ar transporto priemonių atsiradusių klaidų kodus, į kuriuos galima sureaguoti laiku paskiriant servisą. Tokiu būdu išvengiama prastovų, vėlavimų ar netgi baudų.

*Šeštasis kriterijus.* Daiktų internetas energijos suvartojimui valdyti. Energijos vartojimo mažinimas šiuo metu labai svarbus ne tik dėl ekonominių aspektų, bet ir tvaraus verslo fone. Pritaikius logistikoje išmaniuosius skaitiklius, šviestuvus, termostatus galima pasiekti minimalų energijos suvartojimą nepažeidžiant logistinių saugojimo ar transportavimo taisyklių. Analizuojant skaitiklių rodmenis visapusiškai pagal įmonės darbo laiką, metų laikus, apkrovos būsenas parenkamas tinkamiausias energijos vartojimo mažinimo režimas.

*Septintasis kriterijus.* Daiktų internetas dėl išlaidų spaudimo. Tam, kad įmonė išliktų konkurencinga ir dirbtų pelningai, būtina nuolat tobulėti. Jei ilgą laiką nediegiamos naujovės, tuomet verslas nepatrauklus ne tik klientams, bet ir darbo sąnaudos gerokai didesnės arba netgi viršijančios pajamas. Todėl būna atvejų, kada investavimas į naujoves, tarp jų ir į daiktų internetą, yra neplanuotas ir reikalingas.

*Aštuntasis kriterijus.* Daiktų internetas reaguojant į verslo vykdymo reguliavimą. Kiekvienoje šalyje verslo vykdymas gali būti panašus, bet kartu ir labai skiriasi. Labiau ekonomiškai išsivysčiusiose valstybėse ir verslas investuoja į pažangius verslo valdymo modelius, diegia naujoves. Didelėms ir stiprioms kompanijoms tai gali būti įprasta, tačiau mažesnio kapitalo bendrovėms prioritetiškai ne visada yra inovacijos. Vykdam tarptautinį verslą privalu išmanyti ir kitų šalių ar bendrijų reikalavimus. Gali būti valstybinis arba teisinis reguliavimas. Įmonės priverstos diegti daiktų interneto technologijas tam, kad galėtų toliau vykdyti savo veiklą. Pavyzdžiui, ES pagal Mobilumo paketą įpareigoja transporto priemonėse įdiegti skaitmeninius tachografus. Taip pat Lenkija pakeitė kelių apmokėjimo būdą ir perėjo prie mobiliosios programėlės, akcizinių krovininių vežimo deklaracijos programos ir pan.

Tam, kad būtų galima tinkamai apdoroti duomenis SPSS programa, kiekvienam kriterijui priskirtas trumpas pavadinimas:

- Logistikos procesų valdymas ryšio priemonėmis, jutikliais (C1).
- Daiktų internetas patalpų saugumui užtikrinti (C2).
- Daiktų internetas mašinų ir transporto priemonių priežiūrai (C3).
- Daiktų internetas gamybos procesams ir logistikos valdymui (C4).
- Inovacijos logistikoje (C5).
- Daiktų internetas energijos suvartojimui valdyti (C6).
- Daiktų internetas dėl išlaidų spaudimo (C7).
- Daiktų internetas reaguojant į verslo vykdymo reguliavimą (C8).

IBM SPSS (angl. *Statistical Package for the Social Sciences*) – statistikos programinės įrangos platforma, leidžianti greitai išgauti ataskaitas iš turimų duomenų. Programos funkcijos leidžia atlikti įvairias statistines procedūras nuo duomenų paruošimo iki analizės ir ataskaitų teikimo (IBM, 2023). Pasitelkus programą SPSS patikrinta, ar tarp parinktųjų kriterijų yra statistiškai reikšmingas tiesinis ryšys ir sudarytas tiesinės regresijos modelis pagal formulę:

$$\hat{y} = ax + b + e, \quad (1)$$

čia  $\hat{y}$  – priklausomasis kintamasis;  $x$  – nepriklausomasis kintamasis;  $e$  – paklaida.

Tyrimui atlikti ir buvo pasirinktas variantų prioriteto nustatymas pagal artumą idealiame taške, kriterijų metodas – TOPSIS metodas (angl. *Technique for order preference by Similarity to Ideal Solution*). Hwang ir Yoon 1981 metais sukūrė projektų alternatyvų prioriteto nustatymo teoriją, kuri teigia, kad potencialiai geriausia alternatyva yra mažiausiai nutolusi nuo idealaus sprendinio ir labiausiai nutolusi nuo idealiai neigiamo (blogiausio) sprendinio (Antuchevičienė, 2005). Tinkamiausio sprendimo radimo uždaviniai, atsižvelgiant į daugelį kriterijų, nagrinėjami įvairiose srityse: inžinerija, pramonė, finansai, ekonomika ir kitos sritys. Tai daugiakriteriai sprendimo priėmimo uždaviniai (Šerėjienė et al., 2019). Šiuo metodu siekta išsiaiškinti, kokiose šalyse pasirinkti kriterijai turi didžiausią reikšmę. Parinkti kriterijai yra vienodai reikšmingi, todėl jiems suteikti vienodi svoriai. Sviorių suma turi sudaryti vienetą, todėl vieno kriterijaus svoris 0,125.

TOPSIS metodas sudarytas iš 7 etapų:

1. Sprendimų matricos sudarymas.
2. Matricos normalizavimas pagal formulę:

$$n_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}}, \quad (2)$$

čia  $n_{ij}$  –  $i$  yra rodiklio normalizuota matrica;  $x_{ij}$  – rodikliai.

3. Atlikus pradinių duomenų normalizaciją, kitas žingsnis apskaičiuoti svertinę normalizuotą matricą, kuri reikalinga tolesniems skaičiavimams, pagal formulę:

$$v_{ij} = w_j \times n_{ij}, \quad (3)$$

čia  $w_j$  – kriterijaus svoris;  $v_{ij}$  – svertinė normalizuota vertė.

4. Iš pasirinktų kriterijų šeši yra maksimizuojantys ir du minimizuojantys. Kitame žingsnyje apskaičiuojamas idealus teigiamas ir idealus neigiamas sprendimas pagal formulę:

$$V^+ = (V_1^+; V_{ri}^+; V_n^+) = \left( \left( \max_i v_{ij} \mid j \in I \right), \left( \min_i v_{ij} \mid j \in J \right) \right), \quad (4)$$

$$V^- = (V_1^-; V_{ri}^-; V_n^-) = \left( \left( \min_i v_{ij} \mid j \in I \right), \left( \max_i v_{ij} \mid j \in J \right) \right), \quad (5)$$

čia  $V^+$  – teigiamas idealus sprendimas;  $V^-$  – neigiamas idealus sprendimas;  $I$  – maksimizuojamų rodiklių aibė;  $J$  – minimizuojanti rodiklių aibė.

5. Pagal formulę surandamas atstumas nuo idealaus teigiamo sprendimo ir idealaus neigiamo sprendimo Euklido erdvėje:

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (V_{ij} - V_i^+)^2}, \quad (6)$$

čia  $S_i^+$  – teigiamas atstumas nuo idealaus varianto.

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (V_{ij} - V_i^-)^2}, \quad (7)$$

čia  $S_i^-$  – neigiamas atstumas nuo idealaus varianto.

6. Apskaičiavus atstumus Euklido erdvėje iki idealaus teigiamo ir idealaus neigiamo sprendimų, skaičiuojamas santykinis artumas teigiamam idealiam sprendimui:

$$P_i = \frac{S_i^-}{S_i^+ + S_i^-}, \quad (8)$$

čia  $P_i$  – santykinis atstumas nuo idealaus varianto.

7. Atlikus kriterijų rangavimą pagal artumą teigiamam idealiam sprendimui, gaunama prioritentinė eilė.

Klasterinė analizė suteikia įžvalgų apie duomenis, suskirstant objektus į objektų grupes, kad klasteryje esantys objektai būtų panašesni vienas į kitą nei į objektus

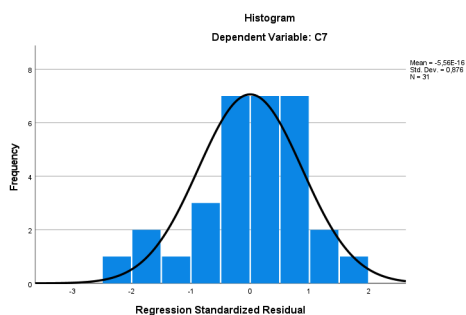
kituose klasteriuose (Wu, 2012). Klasterinės analizės metu nustatomi objektų panašumai ir objektai suskirstomi į klasterius (panašių objektų grupes). Klasterinės analizės tikslas – suskirstyti objektus taip, kad skirtingai klasterių viduje būtų kuo mažesni, o tarp klasterių – kuo didesni. Klasterinės analizės metodai skirstomi į hierarchinius (jungimo ir skaidymo) ir nehierarchinius (dažniausiai naudojamas  $k$  – vidurkių). Hierarchinių metodų rezultatai nusako klasterių tarpusavio hierarchiją, sudarant visų klasterių tarpusavio priklausomybės struktūrą ir nustatant optimalų klasterių skaičių. Nehierarchiniai metodai taikomi tada, kai iš anksto žinomas (pasirenkamas) klasterių skaičius (Krumplytė ir Rimkevičienė, 2004). Ši analizė leis suprasti, kokios šalių grupės panašiai investuoja į daiktų interneto technologijų diegimą logistikos srityje.

## 2.1. Tyrimo eiga ir rezultatai

Dėl visame pasaulyje vykstančios globalizacijos ir didėjančio gyventojų skaičiaus, dėl asmenų, komercinių įmonių ir kitų institucijų bei organizacijų poreikių sunku efektyviai valdyti tiekimo grandines ir kontroliuoti logistikos išlaidas tiek vidaus, tiek tarptautinėse rinkose. Bet kokia logistikos veikla, vykdoma visoje tiekimo grandinėje, turėtų būti valdoma visapusiškai, o matomumas turėtų būti užtikrintas visoms tiekimo grandinės šalims. Dėl didėjančios elektroninės komercijos paklausos didėjančios galimybės teikti prekes vartotojams greičiau ir tiksliau sukuriama spaudimas įmonėms tobulinti savo stebėjimo galimybes šiuo atžvilgiu. Tai reikalauja, kad įmonės išmaniau planuotų savo išteklius ir investuotų į inovatyvias technologijas tiekimo grandinėse, sandėliuose ir paskirstymo centruose, transportavimo ir atsargų valdymo veikloje.

Tyrimo metu buvo matuojamas ryšys tarp daiktų interneto diegimo logistikos įmonėse dėl padidėjusių išlaidų spaudimo ir konkretaus proceso, kuriame panaudotos daiktų interneto technologijos logistikoje. Pirmajame etape siekiama išsiaiškinti ryšio stiprumą ir kryptį tarp kintamųjų pasitelkus regresinę analizę. Apskaičiavus koreliaciją gauti rezultatai:  $R^2 = 0,793$ , „Durbin-Watson“ – 1,873. Šie skaičiai parodo, kad lygtis paaiškina beveik 80 %  $y$  sklaidos. O „Durbin-Watson“ skaičius parodo, kad tarp kintamųjų yra koreliacija ir kriterijai turi ryšį, bei tarp kintamųjų egzistuoja multikolinearumas, nes patenka į nustatytą aibę (DW ∈ [0; 4]).

Taigi atlikus regresinę analizę tarp kintamųjų (1 pav.) matyti, kad rodikliai tarpusavyje koreliuoja, todėl galima teigti, jog diegiamas daiktų internetas logistikos įmonėse dėl išlaidų ir sąnaudų patiriamas spaudimo priklausos ir nuo jau esamų technologijų. Teorinėje dalyje pateikta išvada apie tai, kad investicijos į daiktų interneto



1 paveikslas. Regresinės analizės rezultatai

technologijas turi būti apgalvotos, o diegiamos technologijos lanksčios ir prisitaikančios.

Kadangi duomenys tarpusavyje koreliuoja, tuomet duomenis galima naudoti daugiakriteriam vertinimui TOPSIS. Tyrimo metu siekta nustatyti, kaip išsidėstys šalys pagal kriterijus, kurie parodo, kiek Europos logistikos įmonės investavo į daiktų interneto technologijas skirtingose savo veiklos sektoriuose (1 lentelė). Pagal TOPSIS metodo skaičiavimo taisyklės atlikus skaičiavimus, geriausia alternatyva bus ta šalis, kurios  $P_i$  reikšmė didžiausia.

1 lentelė. Šalių rangavimas TOPSIS metodu

Eil. nr.	Šalis	$S_i^+$	$S_i^-$	$P_i$	RANK
1	Kipras	0,0717	0,0875	0,5497	1
2	Austrija	0,0761	0,0774	0,5044	2
3	Slovėnija	0,0768	0,0755	0,4958	3
4	Malta	0,0749	0,0663	0,4694	4
5	Belgija	0,0747	0,0635	0,4594	5
6	Suomija	0,0751	0,0638	0,4592	6
7	Švedija	0,0766	0,0620	0,4471	7
8	Lenkija	0,0899	0,0703	0,4387	8
9	Lietuva	0,0824	0,0637	0,4362	9
10	Italija	0,0772	0,0577	0,4279	10

Ranguojant buvo gauta prioritėtinė eilė pagal daiktų interneto panaudojimą Europos valstybių logistikos įmonėse. 2021 metais Kipro, Slovėnijos ir Austrijos logistikos kompanijos daiktų internetą aktyviausiai naudojo ir diegė savo veikloje. Iš 31 Europos valstybės Lietuva 9 vietoje. Tai rodo, kad inovacijos sparčiai skverbiasi ir į Lietuvos logistikos įmones. Paskutinėse vietose liko tokios šalys kaip Serbija, Prancūzija, Portugalija, Bosnija ir Hercegovina.

Daiktų interneto teikiama duomenų rinkimo galia ir galimybė greitai šiuos duomenis paversti informacija leidžia geriau matyti visą logistikoje vykdomą veiklą. Tokiu būdu palengvinama prekių ir informacijos srautų kontrolė logistikos veikloje, sumažinamos sąnaudos, o

svarbiausia – padedama įmonėms padidinti klientų patenkinimą didinant konkurencingumą.

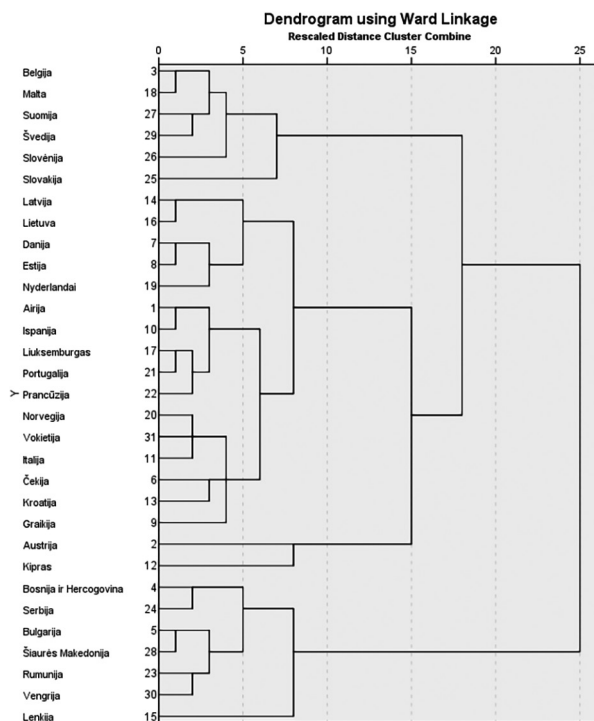
Case Processing Summary<sup>a,b</sup>

	Valid		Cases Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
	31	100,0	0	,0	31	100,0

a. City Block Distance used  
b. Ward Linkage

2 paveikslas. Klasterinės analizės modelio santrauka

Toliau su duomenimis buvo atliekama klasterinė analizė. Klasterinei analizei atlikti buvo naudojama SPSS programa. Klasterinė analizė buvo atlikta naudojant pasirinktus etapus. Iš pradžių buvo pasirinkti visi objektai, kurie yra tyrimo darbo dalyje, tai yra 31 Europos valstybė ir aštuoni požymiai, pagal kuriuos yra atlikta klasterių analizė. Klasterinei analizei atlikti pasirinkta naudoti Ward jungimo matą. Taip pat pasirinkti blokų (Manheteno) metriniai atstumai (2 pav.).



3 paveikslas. Dendrograma naudojant jungimo matą

Pritaikius metrinio atstumo ir klasterių panašumo matus gauta dendrograma su valstybėmis, suskirstytomis į klasterius (3 pav.). Atlikus tyrimo duomenų skaičiavimą klasterinės analizės metodu su programa SPSS gauti 3 klasteriai. Du mažesni ir vienas didelis. Tai reiškia, kad 18 valstybių duomenys yra panašiai nutolę ir yra netoli vienas nuo kito, ir logistikos srities apsirūpinimas daiktų interneto technologijomis yra labai panašus. Išsiskiria du mažesni klasteriai – su 6 ir 7 valstybėmis. Šios valstybės į daiktų interneto technologijas investuoja kiek kitaip nei didžiojo klasterio šalys. Europos logistikos kompanijos

noriai investuoja į šiuolaikines technologijas. Daiktų internetas padeda automatizuoti nemažai veikloje vykdomų procesų. Įdiegtos inovatyvios technologijos padeda sutaupyti įmonėms laiko, resursų ir lėšų. Tobulinant ir vystant verslą tvarumo ir energijos suvartojimo mažinimo linkme, logistikos bendrovė tampa patrauklesnė klientui ir gamtai, taip rodydama pavyzdį kitiems.

## Išvados

Logistika ir tiekimo grandinė yra viena iš pagrindinių sričių, kuriose plačiai naudojamas daiktų internetas. Šia prasme yra žinoma, kad daiktų internetas teikia didelę naudą tiek komerciniams klientams, tiek galutiniams vartotojams. Tai suteikia pridėtinės vertės daugelyje logistikos veiklų visoje tiekimo grandinėje, ypač sandėliavimo operacijose ir transporte.

Kadangi daiktų internetas yra esminis pokytis IT srityje, jis ypač svarbus šiuolaikinei logistikai. Daiktų internetas yra nauja pasaulinė internetu pagrįsta architektūra, kuri ypač palengvina prekių ir paslaugų mainus logistikos tinkluose, įskaitant neapibrėžtumą ir riziką. Naudojant tokias modernias technologijas, kaip daiktų internetas, logistika tampa saugesnė, patikimesnė, tvaresnė ir lengviau valdoma. Energijos vartojimo efektyvumas taip pat palaikomas naudojant įvairius jutiklius kai kuriose srityse, pavyzdžiui, sandėliams apšviesti ir šildyti, įrangos, pvz., šakinių krautuvų ir konvejerių, būklei stebėti, o tai taip pat prisideda prie ekologiškos logistikos veiklos.

Pagal rangavimą matoma, kad didžiausias indėlis į inovacijas ir daiktų internetą logistikos srityje 2021 metais buvo Kipre. Lietuva devintoje vietoje iš 31 Europos valstybės. Bosnija ir Hercegovina, Portugalija ir Prancūzija pačiame sąrašo gale, tai reiškia, kad šiuo metu šių valstybių logistikos kompanijų investicijos buvo mažesnės lyginant su likusiomis valstybėmis. Tikėtina, kad šių valstybių logistikos sektorius yra pakankamai išvystytas ir atnaujintas, todėl investicijų poreikis į inovatyvias technologijas, daiktų internetą yra mažesnis. Klasterinė analizė išskyrė tris grupes panašiai nutolusių valstybių, kurios naudoja daiktų internetą savo veiklos skirtinguose sektoriuose. Aštuoniolika valstybių apimantis klasteris parodo, kad didelė dalis Europos logistikos įmonių panašiai investuoja į daiktų interneto technologijas savo versle. Daiktų interneto technologijos diegiamos siekiant sutaupyti energijai, sumažinti veiklos kaštus, pagreitinti ir pagerinti paslaugų kokybę, išvengti nesklandumų, planuoti darbų srautus su korekcijos galimybėmis.

Daiktų internetas tapo svarbia technologija, kuri atveria duris standartizavimui, kokybei, tvarumui ir nuolatiniam tobulėjimui logistikos srityje.

## Literatūra

- Antuchevičienė, J. (2005). Alternatyvų vertinimo būdai TOPSIS metodu, esant neapibrėžtumui. *Ūkio technologinis ir ekonominis vystymas*, 11(4), 242–247.
- Atzori, L., Iera, A., & Morabito, G. (2010). The Internet of Things: A survey. *Computer Networks*, 54(15), 2787–2805. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2010.05.010>
- Aydinocak, E. U. (2022). Internet of Things (IoT) in marketing logistics. In *Accounting, finance, sustainability, governance and fraud* (pp. 153–169). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-981-16-5644-6\\_10](https://doi.org/10.1007/978-981-16-5644-6_10)
- Baalisampang, T., Abbassi, R., Garaniya, V., Khan, F., & Dardashzadeh, M. (2018). Review and analysis of fire and explosion accidents in maritime transportation. *Ocean Engineering*, 158, 350–366. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2018.04.022>
- de Vass, T., Shee, H., & Miah, S. J. (2018). The effect of “Internet of Things” on supply chain integration and performance: An organisational capability perspective. *Australasian Journal of Information Systems*, 22, 1–29. <https://doi.org/10.3127/ajis.v22i0.1734>
- del Giudice, M. (2016). Discovering the Internet of Things (IoT) within the business process management. *Business Process Management Journal*, 22(2), 263–270. <https://doi.org/10.1108/BPMJ-12-2015-0173>
- Dlodlo, N. (2015). The internet of things in transport management in South Africa. In *Proceedings of 2015 International Conference on Emerging Trends in Networks and Computer Communications* (pp. 19–26), Windhoek, Namibia. <https://doi.org/10.1109/ETNCC.2015.7184802>
- Golpīra, H., Khan, S. A. R., & Safaeipour, S. (2021). A review of logistics Internet-of-Things: Current trends and scope for future research. *Journal of Industrial Information Integration*, 22, 100194. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2020.100194>
- 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. <https://doi.org/10.1108/IJLM-05-2017-0109>
- IBM. (2023). *IBM SPSS Statistics*. <https://www.ibm.com/products/spss-statistics>
- Krumplytė, J. ir Rimkevičienė, A. (2004). Alternatyvių metodų taikymas, kompleksiskai vertinant Lietuvos regionų socialinius-ekonominius skirtumus. *Vadyba*, 2(5), 29–36.
- Kumar, D., Kr Singh, R., Mishra, R., & Fosso Wamba, S. (2022). Applications of the internet of things for optimizing warehousing and logistics operations: A systematic literature review and future research directions. *Computers & Industrial Engineering*, 171, 108455. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2022.108455>
- Licite-Kurbe, L., & Chandramohan, A. (2020). Characteristics and challenges of the internet of things in entrepreneurship. *Rural Sustainability Research*, 43(388), 27–34. <https://doi.org/10.2478/PLUA-2020-0004>
- Lupton, D. (2020). The Internet of Things: Social dimensions. *Sociology Compass*, 14(4), e12770. <https://doi.org/10.1111/soc4.12770>
- Lydia, J., Leones Sherwin Vimalraj, S., Monisha, R., & Murgan, R. (2022). Automated food grain monitoring system for warehouse using IOT. *Measurement: Sensors*, 24, 100472. <https://doi.org/10.1016/j.measen.2022.100472>



- Oliveira, R. R., Noguez, F. C., Costa, C. A., Barbosa, J. L., & Prado, M. P. (2013). SWTRACK: An intelligent model for cargo tracking based on off-the-shelf mobile devices. *Expert Systems with Applications*, 40(6), 2023–2031. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2012.10.021>
- Papatsimouli, M., Lazaridis, L., Ziouzos, D., Dasygenis, M., & Fragulis, G. (2022). Internet of Things (IoT) awareness in Greece. *SHS Web of Conferences*, 139, 03013. <https://doi.org/10.1051/shsconf/202213903013>
- Prasanna, K. R., & Hemalatha, M. (2012). RFID GPS and GSM based logistics vehicle load balancing and tracking mechanism. *Procedia Engineering*, 30, 726–729. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.01.920>
- Qu, T., Lei, S. P., Wang, Z. Z., Nie, D. X., Chen, X., & Huang, G. Q. (2016). IoT-based real-time production logistics synchronization system under smart cloud manufacturing. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 84(1–4), 147–164. <https://doi.org/10.1007/s00170-015-7220-1>
- Sharma, S., & Patel, H. B. (2017). Internet of Things: Definition, applications, issues and future prospective. *International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication*, 5(8), 113–116.
- Šerėjienė, S., Goranin, N., & Tumasonienė, I. (2019). TOPSIS metodo pritaikomumas šalies ypatingos svarbos infrastruktūros objektams. *Mokslas – Lietuvos ateitis*, 11, 1–5. <https://doi.org/10.3846/mla.2019.10254>
- Tao, F., Cheng, Y., Xu, L. D., Zhang, L., & Li, B. H. (2014). CCIoT-CMfg: Cloud computing and internet of things-based cloud manufacturing service system. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 10(2), 1435–1442. <https://doi.org/10.1109/TII.2014.2306383>
- Tejesh, B. S. S., & Neeraja, S. (2018). Warehouse inventory management system using IoT and open-source framework. *Alexandria Engineering Journal*, 57(4), 3817–3823. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2018.02.003>
- Winkelhaus, S., & Grosse, E. H. (2020). Logistics 4.0: A systematic review towards a new logistics system. *International Journal of Production Research*, 58(1), 18–43. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1612964>
- Wu, J. (2012). *Advances in K-means clustering: A data mining thinking*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-29807-3>
- Zhong, R. Y., Xu, C., Chen, C., & Huang, G. Q. (2017). Big data analytics for physical internet-based intelligent manufacturing shop floors. *International Journal of Production Research*, 55(9), 2610–2621. <https://doi.org/10.1080/00207543.2015.1086037>

## APPLICATION OF INTERNET OF THINGS TECHNOLOGIES IN LOGISTICS

Jurgita PANAUVĖ, Aurelija BURINSKIENĖ

**Abstract.** The Internet of things technology is rapidly advancing and has been adapted to business, as well as to logistics. Wide spectrum of usage possibilities of the Internet of things allows logistics companies not only to lower operating costs and protect their own, as well as their client's property, but also become more competitive in the market. Progressive customers tend to look for innovative, modern and sustainable companies. The Internet of things contributes to saving energy, providing and sustaining necessary conditions, and also makes it easier to receive information and react timely to it. The purpose of this research article is to evaluate the use of the Internet of things in logistics companies in their various fields of practice, present the investments in the Internet of things technology in different activity sectors of European countries logistics companies. The most important aspects and terms had been reviewed by analyzing scientific literature. Regression analysis has been made with the use of "Eurostat" statistical data, to check data multicollinearity and criteria interrelationships. Later, a multicriterial evaluation using the TOPSIS method was made, seeking to find out which European country invested into the Internet of things technology the most over the last few years. Cluster analysis showed country groups, that invested differently in the Internet of things technology. The research allowed to discover the Internet of things' benefits and distribution in logistics companies in Europe, as well as which logistic business areas are implementing innovations. Results show that the Internet of things technology is rapidly advancing and is widely applied in logistics.

**Keywords:** Internet of things, logistics, innovation, Logistics 4.0, Internet of things technologies, logistics processes, storage.