

DAIKTŲ INTERNETO RINKOS CHARAKTERISTIKŲ ANALIZĖ

Dovydas NALIVAİKA*, Juozas MERKEVIČIUS

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

**El. paštas dovydas.nalivaika@gmail.com*

Gauta 2022 m. sausio 23 d.; priimta 2022 m. birželio 31 d.

Santrauka. Šio straipsnio tikslas yra apžvelgti, kokiomis charakteristikomis gali būti apibūdinama daiktų interneto technologijų rinka bei kokie egzistuoja statistiškai reikšmingi ryšiai tarp rinką charakterizuojančių veiksnių. Idėjos įgyvendinimui pasitelkiama trijų etapų tyrimų metodologija, susidedanti iš mokslinės bei metodinės literatūros analizės, antrinių statistinių duomenų surinkimo nustatant charakterizuojančius veiksnus bei duomenų išskirtis ir galiausiai tiesinės regresijos modelio sudarymo, siekiant nustatyti statistiškai reikšmingą ryšį tarp veiksnių – globalios daiktų interneto rinkos pajamų bei daiktų interneto pajungtų įrenginių skaičiaus, bendro jungčių skaičiaus tarp daiktų interneto įrenginių bei bendro jungčių skaičiaus tarp ne daiktų interneto įrenginių. Moksliniam tyrimui keliamas tikslas yra nustatyti daiktų interneto technologijų rinką charakterizuojančius veiksnus bei nustatyti statistiškai reikšmingus ryšius tarp jų. Atlikta analizė leido nustatyti, jog egzistuoja statistiškai reikšmingas ryšys tik tarp globalios daiktų interneto rinkos pajamų, mlrd. USD bei bendro daiktų interneto įrenginių jungčių skaičiaus. Bendrą jungčių skaičių tarp daiktų interneto įrenginių padidinus 1 vienetu (mlrd.), globalios daiktų interneto rinkos pajamos padidėja 0.61 mlrd. USD. Praktiškai vertinant rezultatų pritaikymą, galima teigti, kad rezultatas taikomas priimant verslo plėtros, ekonomikos vertinimo sprendimus, atliekant pavienių rinkų vertinimą ir lyginimą globaliame kontekste. Šiai dienai moksliniuose tyrimuose daugiausia yra akcentuojami pavieniai daiktų interneto technologijų plėtrą lemiantys veiksniai, tačiau nėra atliekamas bendras globalios rinkos vertinimas. Daiktų interneto rinkos analizė leidžia geriau suprasti skirtingų rinkos charakteristikų tarpusavio sąryšius, priklausomybes bei analizės pagrindu priimti geresnius vadybos sprendimus.

Reikšminiai žodžiai: daiktų interneto technologijos, daiktų internetas, daiktų interneto rinkos pajamos, daiktų interneto rinka, daiktų interneto technologijų ekonomika, fizinių objektų tinkle rinka.

Įvadas

Tyrimo aktualumas. Daiktų interneto technologijos paskutiniu dešimtmečiu tampa svarbiu praktinio įgyvendinimo ir mokslinių tyrimų objektu. Daiktų interneto technologijos keičia įvairių ūkio sektorių darbo principus, didina efektyvumą, padeda atsirasti naujoms ekonominėms, socialinėms galimybėms (Alam, 2018; Nasar & Kausar, 2019). Daiktų interneto rinkos analizė leidžia geriau suprasti skirtingų rinkos charakteristikų tarpusavio sąryšius, priklausomybes bei analizės pagrindu priimti geresnius vadybos sprendimus.

Tyrimo problema – koks yra skirtingų globalios daiktų interneto rinkos charakteristikų sąryšis?

Tyrimo objektas – daiktų interneto rinkos charakteristikos.

Tyrimo tikslas – panaudojant statistinius įrankius, atlikti daiktų interneto rinkos analizę, įvertinant statistiškai reikšmingus ryšius tarp daiktų interneto rinką.

Uždaviniai tikslui pasiekti: 1) aprašyti surinktus globalios daiktų interneto rinkos duomenis bei nustatyti, ar duomenys pasižymi išskirtimais; 2) panaudojant daugianarę regresinę analizę, nustatyti ar tarp analizuojamų daiktų interneto rinkos charakteristikų egzistuoja statistiškai reikšmingas ryšys; 3) sudaryti ir aprašyti tiesinės regresijos modelį.

Tyrimo metodai: statistinių duomenų analizė, daugianarė regresinė analizė, vizualinis duomenų atvaizdavimas.

1. Daiktų interneto samprata ir ištakos

Atliekant skirtingų autorių literatūros analizę pirmiausia pastebėta, kad šiai dienai nėra vieningo daiktų interneto bei daiktų interneto technologijų apibrėžimo, kuris būtų priimtinas pasaulinei vartotojų bei mokslo bendruomenei. Pastebėta, kad labai daug skirtingų grupių, įskaitant akademikus, tyrėjus, praktikus, novatorius, kūrėjus ir verslo žmones, pateikia skirtingus šių terminų apibrėžimus, tačiau pirmąkart terminas vis tik paminėtas Kevino Ashtono, kuris yra skaitmeninių inovacijų ekspertas. Daiktų interneto (angl. IOT – Internet of Things) koncepcija yra kilusi iš radijo dažnio identifikavimo (toliau – RFID) technologijos, bei pats Kevinas Ashtonas buvo RFID technologijos kūrimo bendruomenės narys, o pastaruoju metu ji tapo aktualesnė praktiniam pasauliui, daugiausia dėl mobiliųjų įrenginių, įterptųjų ir visur esančio ryšio, debesų kompiuterijos ir duomenų augimo bei beribių analitikos galimybių (Patel & Patel, 2016). Pirmiausia, daiktų internetas buvo traktuojamas kaip „iššūkis tinklui“, 1997 m. ITU interneto ataskaitų serijoje ir tik 1999 m. šiam iššūkiui pasiūlytas daiktų interneto pavadinimas (Hassan et al., 2015). Žvelgiant iš technologinės pusės, tai 1999 m. Auto-ID laboratorijos ir MIT siekė sukurti elektroninio produkto kodą, kurį galėtų taikyti RFID tinkle esantiems dalykams identifikuoti. 2003–2004 metais knygų pavadinimuose pirmą kartą atsirado daiktų interneto idėją apimantys projektai, tokie kaip „Cooltown“, „Internet0“ ir iniciatyva „Dingstantis kompiuteris“. 2005 m. daiktų interneto technologijos tapo pripažintos pasauliniu mastu bei įtrauktos į Tarptautinės telekomunikacijų sąjungos ITU ataskaitą. 2008 m. įmonių grupė, tokia kaip „Cisco“, „Intel“, SAP ir daugiau nei 50 kitų įmonių narių susitiko siekdami sukurti IPSO aljansą, skatinti interneto protokolo (IP) naudojimą ir suaktyvinti daiktų interneto koncepciją. Pasaulinį technologijos paplitimą lėmė 2008–2009 m. susidaręs „Cisco Cisco Internet Business Solutions Group“ (IBSG) (Hassan et al., 2015).

Taigi, vertinant daiktų interneto technologijų atsiradimą bei plėtrą, galima sakyti, kad iš ankstesnių perspektyvų daiktų internetą galima apibrėžti kaip išmaniųjų dalykų / objektų, tokių kaip namų įrenginiai, rinkinį, mobilusis, nešiojamasis kompiuteris ir kt., kuris yra adresuojamas pagal unikalią adresavimo schemą ir prijungtas prie interneto per vieną priėgą. Daiktų internetas atsirado kaip nauja technologija, naudojama šiuolaikiniam belaidžiam telekomunikacijų tinklui išreikšti, ir ją galima apibrėžti kaip išmanųjį ir sąveikų mazgą, sujungtą dinamiškame pasaulinės infrastruktūros tinkle, taip pat ji siekia įgyvendinti bet kokio ryšio koncepciją iš bet kurios vietos bet kada (Hassan et al., 2015). Daiktų interneto sampratų analizė pateikiama 1 lentelėje.

1 lentelė. Daiktų interneto sampratos literatūroje

Šaltinis	Samprata	Dedamosios
Techahead, 2020	Daiktų internetas (DI) yra prijungtų įrenginių ekosistema, kuri keičiasi duomenimis laidiniu arba belaidžiu tinklu.	Prijungti įrenginiai, ekosistema, duomenų apsaikėjimas, tinklas
Chima, 2018	Terminas DI apibūdina kasdienių produktų ar masinių prijungimą prie interneto, leidžiantį apdoroti duomenis ir prisijungti prie kitų elektroninių prietaisų.	Prijungti įrenginiai, internetas, duomenų apdorėjimas
Patel & Patel, 2016	Daiktų internetas yra fizinių objektų tinklas.	Fiziniai objektai, ryšiai tarp jų, tinklas
Hassan et al., 2015	Daiktų internetas yra apibūdinamas kaip išmanusis ir sąveikus mazgas, sujungtas dinamiškame pasaulinės infrastruktūros tinkle, taip pat jis siekia bet kur ir bet kada įgyvendinti bet ko jungiamumo koncepciją.	Tinklo savybės: išmanumas, sąveika; kontekstas – dinamiška pasaulinė infrastruktūra, jungtys, tinklas
Suresh et al., 2014	Daiktų interneto technologiją galima paprasčiausiai paaiškinti kaip ryšį tarp žmonių – kompiuterių – daiktų.	Ryšys, sistemos elementai: žmonės, įranga, daiktai
Madakam et al., 2015	Visi apibrėžimai turi bendrą mintį, kad pirmoji interneto versija buvo apie žmonių sukurtus duomenis, o kita versija yra apie daiktų sukurtus duomenis. Geriausias daiktų interneto apibrėžimas būtų toks: „Atviras ir išsamus intelektualių objektų tinklas, galintis automatiškai organizuoti, dalytis informacija, duomenys ir ištekliais, reaguojant ir veikiant situacijų ir aplinkos pokyčių akivaizdoje“	Tinklo savybės: atviras, išmanus, apimantis daiktų duomenis, automatiškai priimančias sprendimus

Šiai dienai daiktų internetas yra viena labiausiai vyraujančių tendencijų informacinių technologijų pasaulyje dėka globalios infrastruktūros sukūrimo vizijos, kuri apima fizinių daiktų įtinklinimą, suteikiant galimybę bet kuriuo laiku, bet kurioje vietoje ir bet kokiems daiktams jungtis tarpusavyje ir įgyvendinti ryšio modelį ne tik vienas-vienam, tačiau

ir vienas-daugeliui ar daugelis-daugeliui (Wang et al., 2021). Daiktų internetas suprantamas kaip globalus tinklas, kuris leidžia komunikuoti vartotojas-vartotojui, ar daiktas-daiktui, suteikiant unikalų identitetą kiekvienam objektui (Patel & Patel, 2016). Daiktų internetas leidžia sukurti išmanią komunikaciją, pajungiant ne tik serverius, kompiuterius, planšetinius kompiuterius, laikrodžius ar telefonus, tačiau ir suteikiant galimybę komunikuoti geležinkelių bėgiams ar širdies stimulatoriams, kuomet įgalinama komunikacija per sensorius bei bevielį interneto ryšį. Šiame tinkle nuolat cirkuliuoja milžiniški kiekiai daiktų sukurtų duomenų, pastarieji automatinio būdu yra apdorojami bei sprendimai priimami be žmogaus įsikišimo. Daiktų interneto koncepcija iš esmės reiškia kodavimą ir kasdienių objektų bei daiktų jungimą į tinklą, kad būtų galima juos atskirti mašininio būdu ir atsekti internete (Wang et al., 2021).

2. Tyrimo metodika

Apžvelgus daiktų interneto rinkos sampratą ir ištakas, toliau yra pereinama prie daiktų interneto rinkos charakteristikų apibrėžimo bei tolesnio vertinimo siekiant darbo tikslo. Tam yra pasitelkiama tyrimo metodika, susidedanti iš kelių tyrimo etapų:

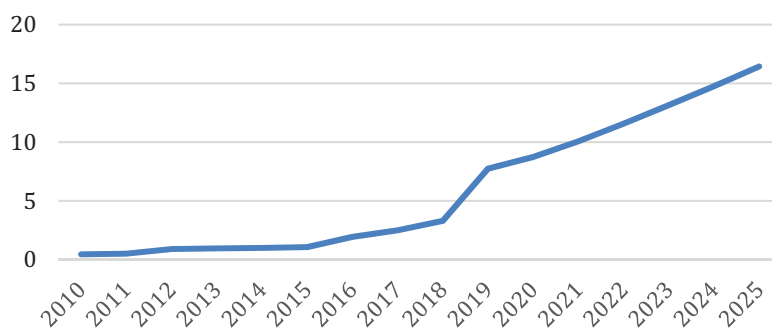
- Pirmiausia yra atliekama mokslinės ir metodinės literatūros analizė, siekiant nustatyti daiktų interneto sampratos apibrėžimą bei suprasti ištakas;
- Antra, yra identifikuojamos bei analizuojamos globalios interneto rinkos charakteristikos, pasitelkiant antrinių statistinių duomenų analizę;
- Trečia, yra sudaromas tiesinės regresijos modelis, siekiant nustatyti statistiškai reikšmingą ryšį tarp veiksnių – globalios daiktų interneto rinkos pajamų bei DI pajungtų įrenginių skaičiaus, bendro jungčių skaičiaus tarp DI įrenginių bei bendro jungčių skaičiaus tarp ne-DI įrenginių.

3. Globalios daiktų interneto rinkos charakteristikos ir jų ryšių nustatymas

3.1. Duomenų analizei surinkimas

Daiktų interneto rinka gali būti apibūdinama skirtingomis charakteristikomis (Cook, 2021; General Network Internet of things, 2020; IoT Analytics, 2021a). Tačiau pastebima tai, kad renkant duomenis pasitaiko duomenų fragmentiškumas, duomenys nėra atviri ir siekiant surinkti tyrimui reikalingą duomenų eilutę, duomenys buvo renkami iš skirtingų statistinių šaltinių.

Pirmiausia, nuspręsta surinkti duomenis apie globalios daiktų interneto rinkos pajamas. Surinkti duomenys yra pateikiami 1 paveiksle. Rasti 2021 metų duomenys, taip pat pateikiama prognozė ateinantiems ketveriems metams (IoT Analytics, 2021a, 2021b). Iš pateiktos kreivės yra matomas aiškus pajamų augimas, ypatingai pastebima, kad DI rinkos pajamos augo 2018–2019 m.

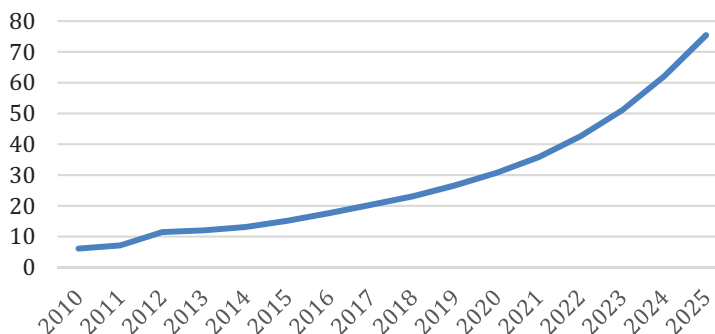


1 paveikslas. Daiktų interneto rinkos rinkos pajamos, mlrd. USD (IoT Analytics, 2021a, 2021b)

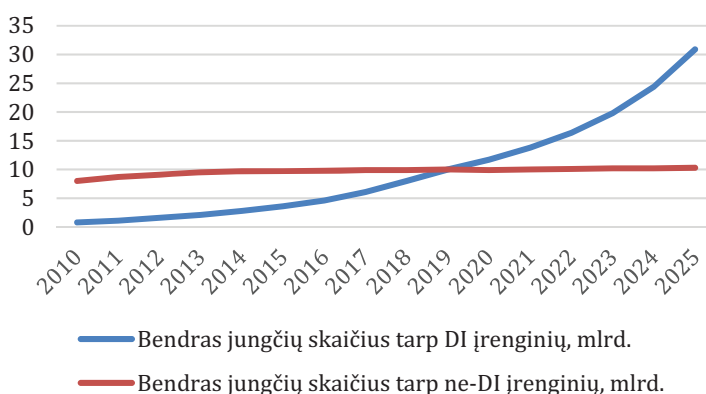
Kita svarbi analizuojama charakteristika yra daiktų interneto rinkoje pajungtų įrenginių skaičius. Pateikiami duomenys atvaizduojami grafiniu pavidalu 2 paveiksle (Cook, 2021). Šioje kreivėje yra matomas staigesnis DI pajungtų įrenginių skaičiaus augimas 2011–2012 m., kas gali būti siejama su Cisco technologijų proveržiu bei pristatytais naujais verslo sektoriui skirtais pramoniniais įrenginiais.

Kita svarbi rinkos charakteristika yra DI suderinamų DI bei ne-DI įrenginių skaičius rinkoje. Kadangi DI rinkos augimas priklauso nuo to, kiek įrenginių funkcionuoja, kaip šie įrenginiai yra suderinami bei pajungiami į

egzistuojančią ne-DI sistemą. Surinkti duomenys atvaizduojami grafiniu pavidalu 3 paveiksle (Cook, 2021; General Network Internet of things, 2020).



2 paveikslas. Daiktų interneto pajungtų įrenginių skaičius, mlrd. (Cook, 2021)



3 paveikslas. Daiktų interneto bei ne daiktų interneto įrenginių jungčių skaičius, mlrd. (Cook, 2021)

Taigi, apibendrinant, galima teigti, jog šiame darbe daiktų interneto rinka bus apibūdinama per šias charakteristikas:

- Globalios rinkos pajamos, mlrd. USD;
- Daiktų interneto pajungtų įrenginių skaičius (visame pasaulyje), mlrd.;
- Daiktų interneto įrenginių ir ne daiktų interneto įrenginių jungčių skaičius (visame pasaulyje), mlrd.

Surinkti duomenys atspindi 2010–2021 m. bei rasti duomenys pateikia prognozę ateinantiems 4 metams (iki 2025 m.). Toliau bus naudojami 2010–2021 m. duomenys.

3.2. Duomenų išskirčių nustatymas

Siekiant nustatyti anomalijas duomenyse, kurių savybės neatitinka didžios dalies rinkinio savybių, buvo naudojamas kvartilų (Q1, Q3) bei IQR indekso metodas, kuris leidžia rasti sprendimų priėmimui reikšmingą informaciją (Čekanavičius ir Murauskas, 2014; Ciplinskas ir Paulauskas, 2016; Pakalniškienė, 2012). Kaip teigia Pakalniškienė (2012), kartais pasitaiko tokių situacijų, kuomet yra mažos imtys, vadinasi nedaug duomenų ir didėja tikimybė, kad tokie duomenys pasižymės dideliu kiekiu išskirčių, kas neleis priimti tinkamų sprendimų ar sudaryti lygčių. Taigi, toliau šiame darbe bus siekiama nustatyti, ar surinkti duomenys pasižymi išskirtimis bei priimti sprendimą, ką su tomis išskirtimis daryti toliau.

Pirmiausia, yra apibrėžiami kintamieji:

y – globalios daiktų interneto rinkos pajamos, mlrd. USD;

x_1 – DI pajungtų įrenginių skaičius, mlrd.;

x_2 – Bendras jungčių skaičius tarp DI įrenginių, mlrd.;

x_3 – Bendras jungčių skaičius tarp ne-DI įrenginių, mlrd.

Toliau seka Q1, Q3 kvartilų, IQR indekso bei viršutinių ir žemutinių ir žemutinių duomenų ribų nustatymas (žr. 2 lentelę).

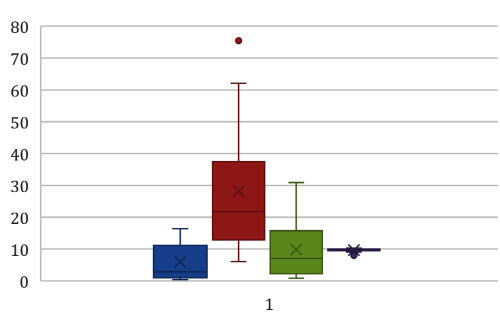
2 lentelė. Surinktų duomenų analizė išskirčių nustatymui

Kintamasis	Q1	Q2	IQR	Viršutinė duomenų riba	Žemutinė duomenų riba
Y	0,9875	10,445	9,4575	24,63125	-13,1988
X ₁	12,8925	37,52	24,6275	74,46125	-24,0488
X ₂	2,625	14,45	11,825	32,1875	-15,1125
X ₃	9,65	10,025	0,375	10,5875	9,0875

Nustačius išskirčių vertinimui svarbias duomenų charakteristikas, toliau yra atliekamas automatizuotas duomenų vertinimas, ar šie papuola į diapazoną [žemutinė duomenų riba; aukštesnė duomenų riba]. Pilnas atliktas analizuojamų duomenų vertinimas yra pateikiamas šio namų darbo 3 lentelėje. Nustatytos 3 duomenų išimtys:

- X₁ 2025 m. duomenys;
- X₃ 2010, 2011 m. duomenys.

Remiantis Pakalniškiene (2012), pirmiausia yra peržiūrima ar nėra klaidų įvedant duomenis – klaidos nenustatytos. Toliau buvo sudarytas stačiakampis grafikas (angl. Boxplot), kuris leidžia vizualiai įvertinti išskirtis (žr. 4 paveikslą). Grafikas leidžia aiškiai matyti rutuliuku pažymėtas išskirtis ties X1 bei X3 kintamųjų duomenimis.



4 paveikslas. Stačiakampio grafiko sudarymas duomenų išskirčių vizualiniam vertinimui (sudaryta autorių)

Tolimesnei analizei nuspręsta išskirtis pašalinti, siekiant sudaromo modelio didesnio tikslumo.

3.3. Ryšio tarp kintamųjų nustatymas

Tyrimo metu siekiama nustatyti, ar egzistuoja statistiškai reikšmingas ryšys tarp analizuojamų daiktų interneto rinkos charakteristikų kintamųjų. Sprendžiama, ar globalios daiktų interneto rinkos pajamos priklauso nuo daiktų interneto pajungtų įrenginių skaičiaus, bendro jungčių skaičiaus tarp daiktų interneto įrenginių bei bendro jungčių skaičiaus tarp ne-daiktų interneto įrenginių. Tolimesnei analizei pasitelktas daugiafaktorinės regresinės analizės įrankis.

Taigi, pirmiausia vertinta rodiklio P-Value reikšmė (žr. 3 lentelę). Nustatyta, kad vienintelis kintamasis, kurio P-Value reikšmė yra mažesnė kaip 0,05 yra X₂ – Bendras jungčių skaičius tarp DI įrenginių, mlrd., todėl kiti du kintamieji į lygtį nėra įtraukiami.

3.4. Tiesinės regresijos modelio sudarymas

Toliau yra sudaromas tiesinės regresijos modelis. Atlikti skaičiavimai Y(X₂) pateikiami 4 lentelėje.

Nustatyta, kad sudaromo modelio r₂ = 0,95, vadinasi sudarytas regresijos modelis paaiškina 95 proc. duomenų variacijos, kas yra aukštas rodiklis ir modelis yra tinkamas.

Sudaroma regresijos lygtis:

$$Y_{(X_2)} = -0,129775029352717 + 0,615956882582394 \times X_2, \quad (1)$$

čia: Y – priklausomas kintamasis – globalios daiktų interneto rinkos pajamų skaičius, mlrd. USD; X₂ – nepriklausomas kintamasis bendras jungčių skaičius tarp daiktų interneto įrenginių, mlrd.

Sudaryta lygtis parodo, kad padidinus bendrą jungčių skaičių tarp daiktų interneto įrenginių 1 vienetu, globalios daiktų interneto rinkos pajamos padidėja 0,615956882582394. Modelio konstanta = -0,129775029352717.

3 lentelė. Analizuojamų daiktų interneto rinkos duomenų išskirčių vertinimas

Metai	Daiktų interneto rinkos pajamos, mlrd. USD	Išskirčių vertinimas (Y)	Daiktų interneto pajungtų įrenginių skaičius, mlrd.	Išskirčių vertinimas (X1)	Bendras jungčių skaičius tarp DI įrenginių, mlrd.	Išskirčių vertinimas (X2)	Bendras jungčių skaičius tarp ne-DI įrenginių, mlrd.	Išskirčių vertinimas (X3)
2010	0,45	KLAIDINGA	6,12	KLAIDINGA	0,8	KLAIDINGA	8	TEISINGA
2011	0,5	KLAIDINGA	7,15	KLAIDINGA	1,1	KLAIDINGA	8,7	TEISINGA
2012	0,9	KLAIDINGA	11,49	KLAIDINGA	1,6	KLAIDINGA	9,1	KLAIDINGA
2013	0,95	KLAIDINGA	12,06	KLAIDINGA	2,1	KLAIDINGA	9,5	KLAIDINGA
2014	1	KLAIDINGA	13,17	KLAIDINGA	2,8	KLAIDINGA	9,7	KLAIDINGA
2015	1,06	KLAIDINGA	15,17	KLAIDINGA	3,6	KLAIDINGA	9,7	KLAIDINGA
2016	1,94	KLAIDINGA	17,68	KLAIDINGA	4,6	KLAIDINGA	9,8	KLAIDINGA
2017	2,49	KLAIDINGA	20,35	KLAIDINGA	6,1	KLAIDINGA	9,9	KLAIDINGA
2018	3,3	KLAIDINGA	23,14	KLAIDINGA	8	KLAIDINGA	9,9	KLAIDINGA
2019	7,74	KLAIDINGA	26,66	KLAIDINGA	10	KLAIDINGA	10	KLAIDINGA
2020	8,74	KLAIDINGA	30,75	KLAIDINGA	11,7	KLAIDINGA	9,9	KLAIDINGA
2021	10,07	KLAIDINGA	35,82	KLAIDINGA	13,8	KLAIDINGA	10	KLAIDINGA
2022	11,57	KLAIDINGA	42,62	KLAIDINGA	16,4	KLAIDINGA	10,1	KLAIDINGA
2023	13,15	KLAIDINGA	51,11	KLAIDINGA	19,8	KLAIDINGA	10,2	KLAIDINGA
2024	14,76	KLAIDINGA	62,12	KLAIDINGA	24,4	KLAIDINGA	10,2	KLAIDINGA
2025	16,44	KLAIDINGA	75,44	TEISINGAI	30,9	KLAIDINGA	10,3	KLAIDINGA

4 lentelė. Daiktų interneto rinkos kintamųjų sąryšio vertinimas

Regresijos statistika					
Daugkartinis R	0,98054052				
R Kvadratas	0,961459712				
Koreguotas R Kvadratas	0,95182464				
Standartinė klaida	1,258299574				
Stebėjimai	16				
ANOVA					
	df	SS	MS	F	Reikšmė F
Regresija	3	473,986	157,9953	99,7875	9,45E-09
Liekamasis	12	18,99981	1,583318		
Iš viso	15	492,9858			

	Koeficientai	Standartinė klaida	t statistika	P reikšmė	Apatinė 95 %	Viršutinė 95 %	Apatinė 95,0	Viršutinė 95,0 %
Konstanta	-2,379936808	6,885354	-0,34565	0,735588	-17,3818	12,62196	-17,3818	12,62196
DI pajungtų įrenginių skaičius, mlrd.	-0,481535789	0,272283	-1,76851	0,102364	-1,07479	0,111718	-1,07479	0,111718
Bendras jungčių skaičius tarp DI įrenginių, mlrd.	1,669934412	0,60082	2,779424	0,016668	0,360859	2,97901	0,360859	2,97901
Bendras jungčių skaičius tarp ne-DI įrenginių, mlrd.	0,560585436	0,784121	0,714922	0,488333	-1,14787	2,269039	-1,14787	2,269039

Taigi, apibendrinant galima teigti, kad didėjant į bendrą daiktų interneto ekosistemą pajungtų įrenginių skaičiui, auga pačios daiktų interneto rinkos pajamos. Straipsnyje atlikti skaičiavimai leido nustatyti 1 daiktų interneto įrenginio jungties įtaką bendram rinkos pajamų augimui.

Išvados

Atlikus globalios daiktų interneto rinkos duomenų analizę, apibendrinant, galima teigti, jog daiktų interneto rinka apibūdinama per šias charakteristikas: globalios rinkos pajamos, mlrd. USD, daiktų interneto pajungtų įrenginių skaičius (visame pasaulyje), mlrd., daiktų interneto įrenginių ir ne daiktų interneto įrenginių jungčių skaičius (visame pasaulyje), mlrd. Surinkti duomenys atspindi 2010–2021 m. rezultatus, bei įvertintų duomenų pagrindu straipsnyje pateikiama prognozė ateinantiems 4 metams (iki 2025 m.). Išskirčių vertinimui naudotas kvartilų metodas bei grafinis stačiakampio grafiko vizualizacijos metodas. Apskaičiuotos Q1, Q3, IQR indeksas, viršutinė bei žemutinė duomenų ribos bei įvertinta, ar surinkti duomenys patenka į šį diapazoną. Nustatytos 3 duomenų išimtys: X1 kintamojo 2025 m. duomenys, X3 kintamojo 2010, 2011 m. duomenys. Siekiant modelio tikslumo, duomenys buvo pašalinti. Atlikti skaičiavimai leido sudaryti tiesinę regresijos lygtį:

$$Y_{(X_2)} = -0,129775029352717 + 0,615956882582394 \times X_2, \quad (2)$$

čia: Y – priklausomas kintamasis – globalios daiktų interneto rinkos pajamų skaičius, mlrd. USD; X₂ – nepriklausomas kintamasis bendras jungčių skaičius tarp daiktų interneto įrenginių, mlrd.

Atlikta analizė leido nustatyti, jog egzistuoja statistiškai reikšmingas ryšys tik tarp globalios daiktų interneto rinkos pajamų, mlrd. USD bei bendro daiktų interneto įrenginių jungčių skaičiaus.

Literatūra

- Alam, T. (2018). A reliable communication framework and its use in Internet of Things (IoT). *International Journal of Scientific Research in Computer Science, Engineering and Information Technology*, 3(5), 2456–3307.
- Chima, R. (2018). *Internet of Things (IoT) software development*. <https://www.bbconsult.co.uk/blog/internet-things-iot-software-development>
- Ciplinskas, R. ir Paulauskas, N. (2016). Išskirčių radimo metodų taikymas anomalijoms kompiuterių tinklo paketų srautuose aptikti. *Mokslas – Lietuvos Ateitis*, 8(3), 327–333. <https://doi.org/10.3846/mla.2016.928>
- Cook, S. (2021). 60+ IoT statistics and facts. *Comparitech*. <https://www.comparitech.com/internet-providers/iot-statistics/>
- Čekanaivičius, V. ir Murauskas, G. (2014). *Taikomoji regresinė analizė socialiniuose tyrimuose*. Vilniaus universitetas.
- General Network Internet of Things. (2020). *The worldwide Internet of Things (IoT) market*. https://gnw-iot.com/?page_id=774
- Hassan, Z., Arafat Ali, H., & Badawy, M. M. (2015). Internet of Things (IoT): Definitions, challenges and recent research directions. *International Journal of Computer Applications*, 128(1), 975–8887. <https://doi.org/10.5120/ijca2015906430>
- IoT Analytics. (2021a). *IoT platforms: Market Report 2015–2021*. <https://iot-analytics.com/product/iot-platforms-market-report-2015-2021-3/>
- IoT Analytics. (2021b). *IoT platforms: Market Report 2021–2026*. <https://iot-analytics.com/product/iot-platforms-market-report-2021-2026/>
- Madakam, S., Ramaswamy, R., & Siddharth, T. (2015). Internet of Things (IoT): A literature review. *Journal of Computer and Communications*, 3(05), 164–173. <https://doi.org/10.4236/jcc.2015.35021>
- Nasar, M., & Kausar, M. A. (2019). Suitability of Influxdb database for Iot applications. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, 8(10), 1850–1857. <https://doi.org/10.35940/ijitee.J9225.0881019>
- Pakalniškienė, V. (2012). *Tyrimo ir įvertinimo priemonių patikimumo ir validumo nustatymas*. Vilniaus universitetas. https://www.vu.lt/site_files/LD/Tyrimo_ir_įvertinimo_priemonių_patikimumo_ir_validumo_nustatymas.pdf
- Patel, K. K., & Patel, S. M. (2016). Internet of Things-IOT: Definition, characteristics, architecture, enabling technologies, application & future challenges. *International Journal of Engineering Science and Computing*, 6(5), 6122–6131.
- Suresh, P., Daniel, J. V., Parthasarathy, V., & Scholar, P. G. (2014). A state of the art review on the Internet of Things (IoT) history, technology and fields of deployment. In *International Conference on Science Engineering and Management Research (ICSEMR)* (pp. 1–8). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICSEMR.2014.7043637>
- Teachahead. (2020). *Evolution of Internet of Things (IoT): Past, present and future*. Teachahead Knowledge Center. <https://www.teachaheadcorp.com/knowledge-center/evolution-of-iot/>
- Wang, J., Lim, M. K., Wang, C., & Tseng, M. L. (2021). The evolution of the Internet of Things (IoT) over the past 20 years. *Computers & Industrial Engineering*, 155, 107174. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2021.107174>

INTERNET OF THINGS MARKETS CHARACTERISTICS ANALYSIS

Dovydas NALIVAİKA, Juozas MERKEVIČIUS

Abstract. The idea of this article is to review the characteristics that can define the Internet of Things (IoT) market and identify the statistically significant relationships between market factors. The idea is implemented using a three-stage research methodology consisting of analysis of scientific and methodological literature, collection of secondary statistics to identify characteristics and data exclusion, and finally creation of a linear regression model to determine the statistically significant relationship between global IoT market revenues and IoT connections the number of devices, the total number of connections between IoT devices, and the total number of connections between non-IoT devices. The aim of the research is to identify the factors characterizing the Internet of Things technologies and to establish statistically significant relationships between them. The analysis revealed that there is a statistically significant relationship only between the revenues of the global Internet of Things market, billion. USD and the total number of IoT device connections. The total number of connections between IoT devices by 1 unit (billion), the global IoT market revenue increases by 0.615956882582394 billion. USD.

Keywords: Internet of Things technologies, Internet of Things, Internet of Things market revenue, Internet of Things market, Internet of Things technology, physical objects market.