

**KLAIPĖDOS UNIVERSITETAS**

Jūros technologijų ir gamtos mokslų fakultetas

Informatikos ir statistikos katedra

Vitalijus Lipovecas

**DUOMENŲ SURINKIMO IR VIZUALIZAVIMO  
SISTEMOS KŪRIMAS ORO TARŠOS APTIKIMUI**

**Development of Data Collection and Visualization System for Air Pollution  
Detection**

Informatikos studijų programos M18NUJ6772 magistro baigiamasis darbas

Klaipėda, 2020

# MAGISTRO BAIGIAMOJO DARBO LYDRAŠTIS

## Pildo bakalauro baigiamojo darbo autorius

Vitalijus Lipovecas

(magistro baigiamojo darbo autoriaus vardas, pavardė)

Baigiamojo darbo tema: DUOMENŲ SURINKIMO IR VIZUALIZAVIMO SISTEMOS KŪRIMAS ORO TARŠOS APTIKIMUI

(magistro baigiamojo darbo pavadinimas lietuvių kalba)

**Patvirtinu, kad Magistro baigiamasis darbas parašytas savarankiškai, nepažeidžiant kitiems asmenims priklausančių autorių teisių, visas baigiamasis magistro darbas ar jo dalis nebuvo panaudotas Klaipėdos universitete ir kitose aukštosiose mokyklose.**

\_\_\_\_\_  
(bakalauro/ magistro baigiamojo darbo autoriaus ir parašas)

**Sutinku, kad magistro baigiamasis darbas būtų naudojamas neatlygintinai 5 m. Klaipėdos universiteto studijų procese.**

\_\_\_\_\_  
(bakalauro/ magistro baigiamojo darbo autoriaus ir parašas)

## Pildo magistro baigiamojo darbo vadovas

**Magistro baigiamąjį darbą ginti.....**

..... (įrašyti - leidžiu arba neleidžiu)

.....2020.....

(data )

..... (bakalauro/magistro baigiamojo darbo vadovo vardas, pavardė ir parašas)

## Pildo katedros, kuriojančios studijų programa, administratorius (sekretorius)

**Baigiamasis darbas įregistruotas katedroje**

2020 .....

(data)

Laima Brazdeikienė.....

(katedros sekretorės vardas, pavardė ir parašas)

## Pildo katedros, kuriojančios studijų programą, vedėjas

**Magistro baigiamąjį darbą ginti.....**

..... (įrašyti - leidžiu arba neleidžiu)

2020.....

(data )

doc. dr. Mindaugas Kurmis.....

(katedros vedėjo vardas, pavardė ir parašas)

**Recenzentu(-ais) skiriu .....**

..... (įrašyti recenzento(ų) vardą, pavardę)

.....2020.....

(data )

doc. dr. Mindaugas Kurmis.....

(katedros vedėjo vardas, pavardė ir parašas)

## ANOTACIJA

Šiuo metu žmonija patiria technologinį šuolį, kuris, kaip tikimasi, pakeis daugelį jau esamų pasenusių sistemų. Daiktų internetas IoT, ir pažangi interneto tinklų įrenginių aplinka duomenų surinkimui, yra perspektyvi mokslinių tyrimų sritis. Deja, naudojant, kaupiant ir analizuojant didžiuosius duomenis, praktikoje dažnai susiduriama su duomenų atitikimo su realia situacija, kolizija. Kuriama sistema naudoja jutiklius, kurie sujungti su IoT įrenginiais, jungiasi per bevielius ryšius, galinčiais nukreipti duomenis į serverius, debesų sistemas. Debesies, serverių duomenis galima pasiekti realiu laiku pažangių įrenginių pagalba, taip pat kaupti serveryje, juos analizuoti bei atsisiųsti tolesnėms analizėms. Jutikliai gali matuoti dujų koncentraciją, temperatūrą, drėgmę ir siųsti duomenis į serverius. Siūlomos architektūros jutikliai išdėstyti skirtingose vietose, ir naudojami aplinkos taršos stebėsenai, bei duomenų rinkimui. Panaudojus laiko eilutės algoritmus, duomenų paieškos variklis tiksliai sugrupuoja duomenis, išveda jų vidurkius, kurie naudojami tolimesniam duomenų apdorojimui. Nustatyta, kad naudojant algoritmus galima tiksliai pašalinti duomenų triukšmus ir panaudoti tik tikslius duomenis kurie informuoja apie oro taršos pasikeitimo faktorių.

PAGRINDINIAI: IoT, Sensor, Cloud

## **ABSTRACT**

Mankind is currently experiencing a technological leap that is expected to replace the most popular existing obsolete systems. The Internet of Things (IoT), and the most advanced data collection plan for the Internet networking environment, is an area of promising research. Unfortunately, when using, storing and analyzing big data, in practice, the real situation of data matching, the collision. The developed system is used for sensors, which are connected to IoT devices, connected via wireless connections, data is finally set up on servers, cloud systems. In the cloud, servers can be found in real time with the help of devices, as well as accumulate on the server, analyze them and download them later when analyzed. These sensors can be adapted to measure gas concentration, temperature, humidity and used for data to the server. The proposed architectural sensors are arranged in baseboards for both environmental pollution monitoring and data collection. Using a time series algorithm, error calculation, determining the exact methods of data acquisition and processing in real time. Determine the use of the algorithm to obtain information about the factors of environmental change.

**KEYWORDS:** IoT, Sensor, Cloud

## PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

<i>1 pav.</i>	Valdomų internetu daiktų gausėjimas laiko atžvilgiu. [4].....	13
<i>2 pav.</i>	Įrenginių įjungimo platformų svarba. [5] .....	15
<i>3 pav.</i>	IoT platforma [29] .....	27
<i>4 pav.</i>	4 IoT sluoksniai [29].....	28
<i>5 pav.</i>	Nuspėjamoji analitika [31] .....	30
<i>6 pav.</i>	Nuspėjamosios analizės procesas [31] .....	31
<i>7 pav.</i>	Nuspėjamosios analizės veikimas [31].....	31
<i>8 pav.</i>	Optimalių klasterių skaičius [35].....	34
<i>9 pav.</i>	„Clara“ duomenų atvaizdavimas [35].....	36
<i>10 pav.</i>	Atvaizduotas žalių duomenys išsidėstymas dvimatėje erdvėje [37].....	37
<i>11 pav.</i>	Duomenų išsklaidymas pagal jiems priklausantį klasterį [37].....	38
<i>12 pav.</i>	Aplinkos taršos duomenų surinkimo ir atvaizdavimo sistemos modelio architektūra ir duomenų srautų diagrama.....	41
<i>13 pav.</i>	Sistemos veikimo algoritmas.....	42
<i>14 pav.</i>	Detektorių duomenų perdavimo architektūra .....	43
<i>15 pav.</i>	Azoto dioksido jutiklis.....	43
<i>16 pav.</i>	Modulinė jutiklių bazė su galimybe 8 skirtingiems jutikliams.....	45
<i>17 pav.</i>	„Gateworks“ IoT komunikatoriaus bazinė plokštė [39] .....	46
<i>18 pav.</i>	Komunikacinio bloko pagrindinės plokštės architektūra sudaryta autoriaus	47
<i>19 pav.</i>	SIM & MicroSD Mini-PCie išplėtimo modulis [39].....	47
<i>20 pav.</i>	4G LTE Cat.3 modulis, palaikantis 4G LTE juostą.....	48
<i>21 pav.</i>	IoT jutiklių bazė su komunikaciniu bloku sudaryta autoriaus.....	51
<i>22 pav.</i>	IoT įrenginio API, JSON dokumentas sudaryta autoriaus.....	52
<i>23 pav.</i>	PowerShell ISE aplinka sudaryta autoriaus .....	53
<i>24 pav.</i>	„PowerShell ISE“ išvedimas sudaryta autoriaus .....	54
<i>25 pav.</i>	Matuojamų dujų ppm vertės. ....	57

26 p a v . Kontrolinis blokas „US-03“ [40] .....	58
27 p a v . Įprasta būseną. ....	59
28 p a v . Ribinė būseną.....	59
29 p a v . Aliarminė būseną. ....	60
30 p a v . Laiko ataskaita .....	60

## LENTELIŲ SĄRAŠAS

<i>1 lentelė.</i>	IoT platformų palyginimas .....	24
<i>2 lentelė.</i>	NO <sub>2</sub> jutiklio specifikacija.....	44
<i>3 lentelė.</i>	Kietųjų dalelių jutiklio specifikacija.....	44
<i>4 lentelė.</i>	CO <sub>2</sub> jutiklio specifikacija .....	44
<i>5 lentelė.</i>	Garso lygio jutiklio specifikacija.....	45
<i>6 lentelė.</i>	4G LTE Cat.3 modulio specifikacija.....	49

## TERMINŲ SANTRUMPŲ ŽODYNĖLIS

**I o T** - ( angl. *Internet of Things*) – Buitinės technikos ir kitų elementų tinklas su savo programine leidžiančia šiems objektams prijungti ir keistis duomenimis IP tinklu.

**A P I** - ( angl. *Application Programming Interface, API*) – tai sąsaja, kurią suteikia kompiuterinė sistema, biblioteka ar programa tam, kad programuotojas per kitą programą galėtų pasiekti jos funkcionalumą ar apsikeistų su ja duomenimis.

**A P I ž e t o n a s** - ( angl. *API Token*) - API prieigos raktas yra unikalus programos, prašančios prieigos prie paslaugos, identifikatorius. Paslauga sugeneruoja API prieigos raktą, kurį programa galės naudoti prašant paslaugos.

**S k r i p t a s** - ( angl. *Script*) - Programa, sudaryta iš interpretavimui skirtų komandų.

**P r o t o k o l a s** - taisyklių visuma, apibrėžianti duomenų mainų būdą tarp dviejų komunikuojamų įrenginių.

**L A N** - ( angl. *Local Area Network*) - vietinis kompiuterių tinklas tai yra kompiuterinis tinklas, kuris jungia kompiuterius ribotoje erdvėje, pvz. namų, mokyklos, kompiuterių laboratorija, ar biurų pastatai.

**T C P / I P** - ( angl. *Transmission control protocol/Internet Protocol*) - standartinis duomenų perdavimo protokolų rinkinys, kurio pagrindu veikia internetas bei daugelis privačių komercinių tinklų. Svarbiausi šio protokolo komponentai – TCP ir IP protokolai.

**N u s p ė j a m o j i a n a l i z ė** - ( angl. *Predictive Analytics*) - Nuspėjamoji analizė yra išplėstinės analizės šaka, naudojama prognozuoti nežinomus būsimus įvykius.

**S a s a j a** - ( angl. *Interface*) – Susitarimų ir procedūrų rinkinys ryšiams tarp atskirų programų ir operacinės sistemos realizuoti.

**G P R S** - ( angl. *General Packet Radio Service*) – Tai bendras paketinis radijo ryšys - mobiliojo ryšio technologija, skirta duomenų perdavimui GSM ir D-AMPS tinkluose. Ši technologija naudoja tuos pačius resursus kaip ir balso telefonija, tačiau naudojamas visiškai kitas signalo perdavimo būdas. GPRS palaiko IP ir PPP protokolus, kurių pagalba mobilaus telefono naudotojai gali dirbti internete ar perduoti el. pašto pranešimus.

## TURINYS

ANOTACIJA.....	3
ABSTRACT .....	4
PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS.....	5
LENTELIŲ SĄRAŠAS.....	7
TERMINŲ SANTRUMPŲ ŽODYNĖLIS.....	8
ĮVADAS.....	11
I. ANALITINĖ DALIS .....	12
1.1 Duomenų analizės metodai ir IoT sistemų apžvalga .....	12
1.2 Daugiafunkcinių mobiliųjų sensorinių tinklų, įspėjimo sistemų apžvalga.....	16
1.2.1 Didžiųjų duomenų gavyba ir naudojamos IoT platformos .....	23
1.2.2 Metodų, techninės ir programinės įrangos pasirinkimas .....	27
1.3 Nuspėjamoji analitika .....	29
1.3.1 Nuspėjamosios analitikos procesas.....	30
1.4 Duomenų klasterizavimo algoritmai.....	32
1.4.1 Algoritmas „Clara“ .....	33
1.4.2 Algoritmas „K Means“ .....	36
1.5 Oro taršos IoT sistemų analizės apibendrinimas .....	38
II. ORO TARŠOS ĮSPĖJIMO SISTEMOS MAKETO PROJEKTAVIMO DALIS .....	40
2.1 Sistemos funkciniai ir nefunkciniai reikalavimai .....	40
2.2 Laboratorinio oro taršos vizualizavimo modelio kūrimas .....	41
2.3 Sistemos veikimo algoritmas .....	42
2.4 Taršos duomenų surinkimo sensoriai .....	43
2.4.1 Taršos duomenų surinkimo sensorių platforma.....	45
2.4.2 Komunikacinis blokas.....	46
III. ORO TARŠOS DUOMENŲ SURINKIMO IR ATVAIZDAVIMO SISTEMOS MAKETO EKSPERIMENTINĖ REALIZACIJA LABORATORINĖMIS SALYGOMIS .....	50

3.1	Paskirstytas atvirojo kodo duomenų paieškos ir analizės variklis.....	50
3.1.1	Duomenų surinkimas .....	51
3.2	Duomenų atvaizdavimas.....	55
3.2.1	Sistemos testavimas laboratorinėmis sąlygomis.....	58
3.3	Oro taršos sistemos maketo tobulinimo perspektyva .....	60
	IŠVADOS.....	62
	LITERATŪRA.....	63
	SANTRAUKA .....	68
	SUMMARY .....	69

## IVADAS

Be vandens ir žemės, svarbiausias gyvybės palaikymo šaltinis yra oras. Šviežias neužterštas oras yra pagrindinis poreikis kiekvienos gyvos būtybės. Žmonijos pramonė į aplinką išmeta įvairių teršalų, kurie pavojingi gyvybei arba gali paveikti gyvų organizmų sveikatą [1]. Oro tarša yra viena iš didžiausių priežasčių kuri gali pakenkti gyvų organizmų sveikatą. Oro taršos poveikis yra susijęs su sergamumu ir mirtingumu. Įvairūs oro teršalai išmetami į atmosferą, iš antropogeninių šaltinių, iš kurių sieros dioksidas, ozonas, kietosios dalelės, azoto dioksidas, anglies monoksidas ir benzenas turi didelę neigiamą įtaką oro poveikiui. Oro taršai stebėti yra galimybė naudotis išvystytais šiuolaikinėmis technologijomis. Šiuo metu žmonija patiria technologinį šuolį, kuris, kaip tikimasi, pakeis daugelį jau esamų pasenusių sistemų. Daiktų internetas IoT, ir pažangi interneto tinklų įrenginių aplinka duomenų surinkimui, yra perspektyvi mokslinių tyrimų sritis [2]. Deja, naudojant, kaupiant ir analizuojant didžiuosius duomenis, praktikoje dažnai susiduriama su duomenų atitikimo su realia situacija kolizija. Kuriamo oro taršos sistemos makete naudojami jutikliai, kurie sujungti su IoT įrenginiais, komunikuoja per bevielius ryšius, galinčiais nukreipti duomenis į serverius, debesų sistemas. Debesies, serverių duomenis galima pasiekti realiu laiku pažangių įrenginių pagalba, taip pat kaupti serveryje, juos analizuoti bei atsisiųsti tolesnėms analizėms. Jutikliai gali detektuoti dujų koncentraciją, temperatūrą, drėgmę ir siųsti duomenis į serverius. Šiame darbe kuriamo maketo jutiklius, galima išdėstyti skirtingose vietose, padengti norimą stebėti teritoriją ir surinkti duomenis kaupti bei atvaizduoti. Duomenų surinkimui naudojant laiko eilutės algoritmus, klaidos skaičiavimą, galima kaupti didelius duomenų kiekius, ir atvaizduoti jų kitimą realiu laiku [3]. Nustatyta kad naudojant laiko eilutės algoritmus galima tiksliai pašalinti duomenų triukšmus ir panaudoti tik tikslus duomenis kurie informuoja apie aplinkos pasikeitimo faktorių. Pagrindinė problema, su kuria susiduria oro taršos platformų gamintojai yra tai kad: ne visos oro taršos platformos gali analizuoti tikslus daviklių duomenis realiu laiku, ne visos oro taršos platformos galima integruoti į kitas pramonines įvykių ir procesų bei oro taršos stebėjimo sistemas.

**Darbo tikslas:** Sukurti duomenų surinkimo ir vizualizavimo sistemą oro taršos aptikimui.

**Darbo uždaviniai:**

1. Išanalizuoti esamus oro taršos duomenų surinkimo būdus ir priemones.
2. Suprojektuoti oro taršos duomenų surinkimo ir vizualizavimo sistemos maketą.
3. Įgyvendinti oro taršos duomenų surinkimo ir vizualizavimo sistemos maketą, siekiant patvirtinti sisteminį jo veikimą laboratorinėmis sąlygomis.

## 1. ANALITINĖ DALIS

Šiame skyriuje apžvelgsime duomenų analizės paieškos kaupimo ir analizės metodus, IoT sistemas pritaikytas oro taršos stebėsenai. Taip pat atariamos jau egzistuojančios oro taršos bei stebėsenos platformos, jų galimybės bei trūkumai. Atlikta analizė jau esamų IoT oro taršos platformų, ir pateikiami mokslininkų tyrimai

### 1.1 Duomenų analizės metodai ir IoT sistemų apžvalga

Duomenų mokslas yra daugiadisciplininis, jungia informacines technologijas su mokslo fundamentika grindžiamais duomenų tyrimo ir sprendimų priėmimo metodais. Daugiadiscipliniškumas apima duomenų tyrybą, duomenų bazes ir duomenų apdorojimą, didžiuosius duomenis, duomenų analitiką, mašininį mokymąsi, dirbtinį intelektą, statistiką, neuroskaičiavimus, vizualizavimą, šablonų atpažinimą, žinių radimą duomenų bazėse, kognityvinius skaičiavimus, kiberfizinių ir socialinių sistemų inžineriją. Išvardintos disciplinos ir pačios tarpusavyje yra labai susietos.

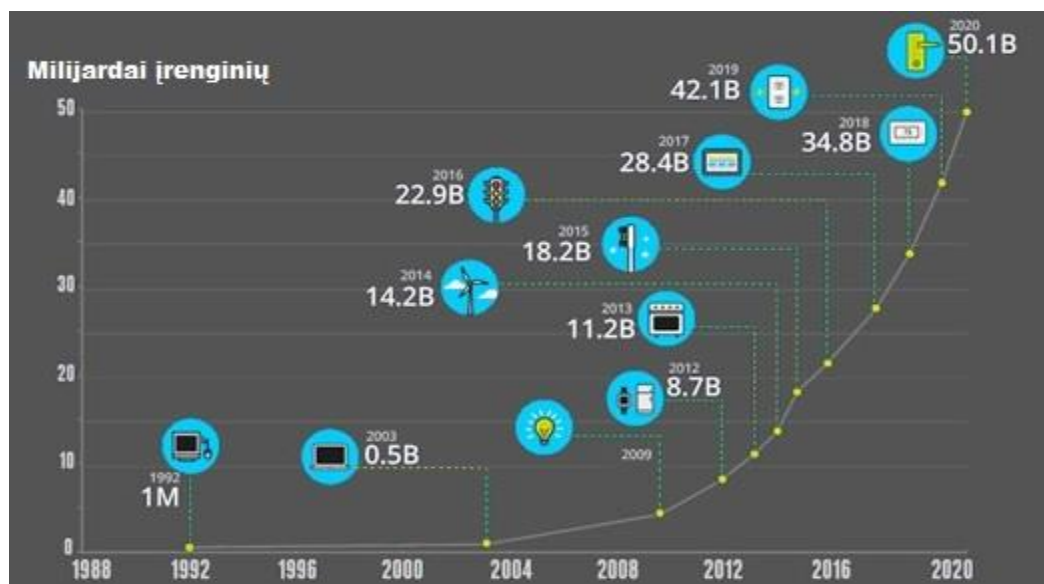
Pasaulyje gerai žinoma Lietuvoje sukurta vizualios duomenų tyrybos mokslinė mokykla. Jos kūrėjų Lietuvos mokslo premijai pateikiamas darbų ciklas apima mokslines publikacijas, paskelbtas 2003–2017 m. Darbų ciklą sudaro 100 mokslo darbų: viena monografija, penki monografijų skyriai ir 94 moksliniai straipsniai. Tarp minėtų darbų 20 yra bendri G. Dzemydos ir O. Kurasovos, o tematikos bendrumas stebimas visuose ciklo darbuose. G. Dzemyda ir O. Kurasova per minėtą laikotarpį parengė 16 mokslo daktarų, vykdė mokslinių tyrimų bei eksperimentinės plėtros projektus, išleido vadovėlių studentams ir doktorantams, dėstė universitetų studentams, populiarino mokslą.

G. Dzemydos ir O. Kurasovos darbų ciklo tematiką ir rezultatus didžia dalimi atspindi disertacijų, kurios parengtos jiems vadovaujant 2003–2018 m., pavadinimai:

- Daugiamačių duomenų vizuali analizė taikant savireguliuojančius neuroninius tinklus (SOM);
- Dažnų sekų paieška dideliuose duomenų masyvuose; Tiesioginio sklidimo neuroninių tinklų taikymo daugiamačiams duomenims vizualizuoti tyrimai;
- Vizualios žinių gavybos metodologija ir jos tyrimas;
- Lygiagrečių skaičiavimų taikymo daugiamačiams duomenims vizualizuoti problemas;
- Grafinių oftalmologinių ir termo vizinių duomenų analizės metodų kūrimas ir taikymas;
- Daugiamačių duomenų vizualizavimo metodų, išlaikančių lokalią struktūrą, analizė;
- Netiesinės daugiamačių duomenų projekcijos metodų savybių tyrimas ir funkcionalumo gerinimas;
- Vektorių kvantavimo metodų jungimo su daugiamatėmis skalėmis analizė;

- Daugiakriterinių optimizavimo uždavinių sprendimas interaktyviuoju būdu;
- Dažnų sekų analizė sprendimų priėmimui labai didelėse duomenų bazėse;
- Hibridinis neuroninis tinklas daugiamačiams duomenims vizualizuoti;
- Genetinis algoritmas transporto maršrutų sudarymo uždaviniams spręsti;
- Rekomendacinių sistemų socialiniuose tinkluose efektyvumo didinimas;
- Duomenų tyrybos metodų, skirtų medicininei diagnostikai ir sveikatos apsaugos vadybai, vystymas ir taikymas;
- Saviorganizuojančių neuroninių tinklų vizualizavimas ir jo kokybės nustatymas.

Daiktų internetas IoT yra žmonių, daiktų, duomenų ir procesų sujungimas, keičiantis mūsų gyvenimą, verslą ir visa kita. Didieji gamintojai tokie kaip „Cisco“ optimistiškai prognozavo IoT 19 milijardų dolerių pelno rinką, o iki 2020 m. projektuose bus 50 milijardų išmaniųjų objektų, prijungtų prie interneto [3]. Aišku, tai yra motyvuojančios priežastys, dėl kurių įmonės ties IoT sritimi. (1pav.) pavaizduota kaip daugėją internetu valdomų įrenginių, matomas eksponentiškas įrenginių didėjimas. Debesų platformos, internetinių duomenų centrų techninė ir operacinė aplinka, greitai vystėsi per pastarąjį pusšimtį metų ir dabar auga 18 procentų CAGR. Per tą laiką dideli technologijų tiekėjai įnešė savo duomenų saugojimo ir skaičiavimo galią kaip svarbiausią IoT programų augimo kurą, kuris padėjo sukurti daugybę modernių saugumo ir analizės funkcijų. Šias funkcijas padėjo vykdyti strateginė, techninė specializuotų paslaugų teikėjų partnerystė, kuri dar labiau padidino debesų kompiuterijos vertę. Pavyzdžiui, debesų infrastruktūros tiekėjas gali bendradarbiauti su analizės sprendimų tiekėju. Atsižvelgiant į tai, tokie patobulinimai kaip mobiliojo krašto kompiuterija (kuris sumažina tinklo perkrovą ir pagerina programos našumą) gali palengvinti interneto sprendimų diegimą ir naudojimą.



1 p a v . Valdomų internetu daiktų gausėjimas laiko atžvilgiu. [4]

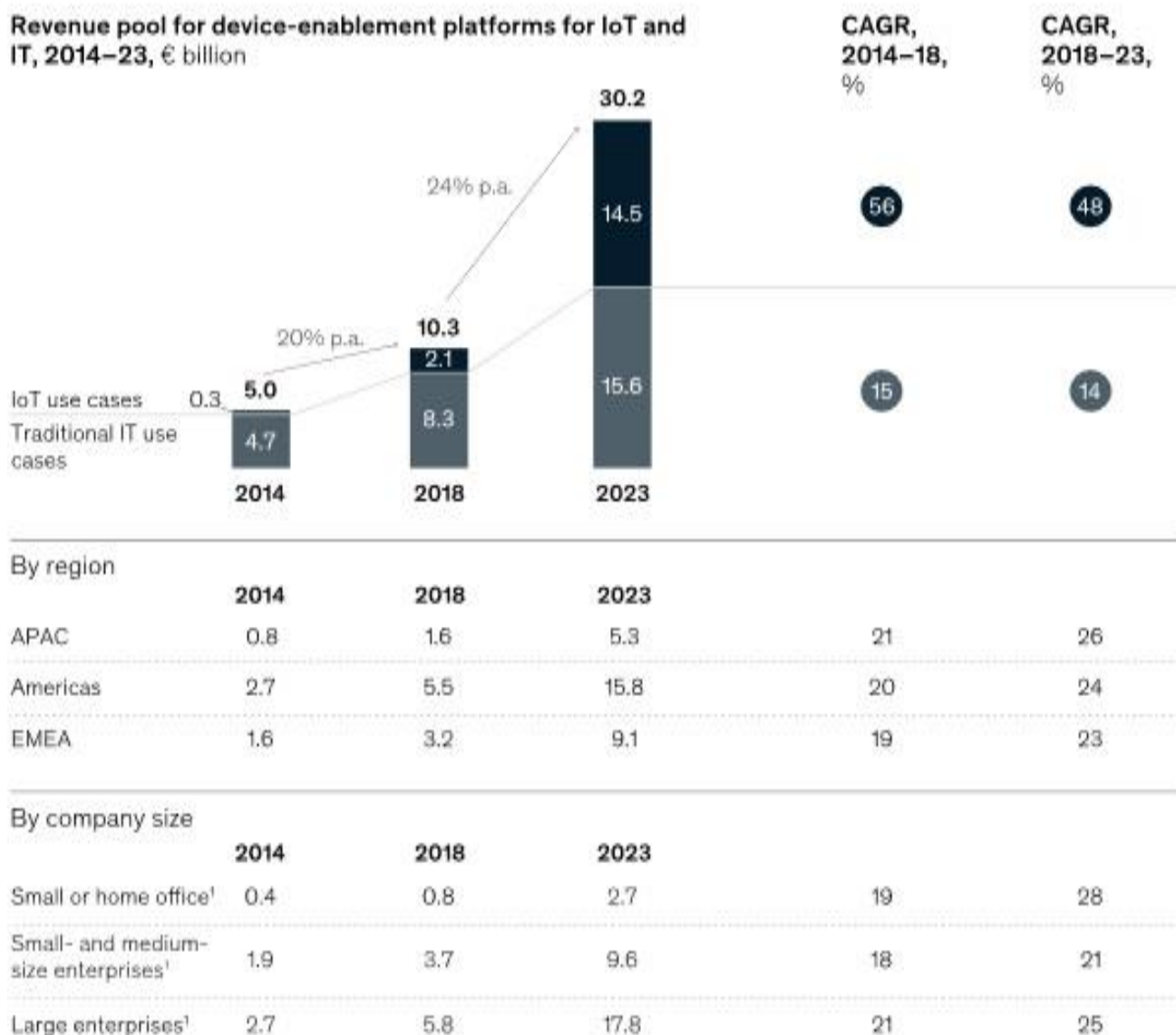
Po daugelio metų išvalgos atrodo, kad daiktų internetas IoT gali būti perkeltas į įprastą verslo naudojimą. Šis įsisavinimo lygis yra besivystančių technologijų, kuriomis grindžiamas internetas, rezultatas ir impulsas. Viena vertus, technologinė pažanga reiškia, kad interneto technologijos bus lengviau įgyvendinamos, atverdamos duris įvairesnėms įmonėms, kad jos galėtų naudotis internetinio interneto programomis. Iš tiesų, nors didžiosios įmonės pradėjo investuoti savo nemažus išteklius į daiktų interneto technologijas prieš kelerius metus, naudos iš šios naujausios internetinės veiklos brandos bangos gaus mažos ir vidutinės įmonės. Nors jie gali neturėti priemonių vykdyti individualų diegimą, jie vis tiek gali investuoti į lengvai naudojamus daiktų internetinius sprendimus.

Kaip dažnai investuojantys į vidutinio dydžio įmones, privataus kapitalo fondai turėtų iš naujo įvertinti daiktinę internetą kaip sektorių, kuris gali padėti sukurti didelę vertę. Pažangios pagrindinės technologijos ir prietaisų platinimas padėjo skatinti daiktų interneto technologijų augimą. Tiesą sakant, numatoma, kad iki 2022 m. Investicijos į daiktų interneto technologiją išaugs 13,6 proc. Per metus 2. Tolesnis augimas ateinančiais metais bus įmanomas dėl naujų jutiklių, didesnės skaičiavimo galios ir patikimo mobiliojo ryšio. Jutiklių technologijos, įterptos į daiktų internetinius įrenginius, ir toliau taps pigesnės, tobulesnės ir plačiau prieinamos. Savo ruožtu dėl šio prieinamumo ir ekonomiško bus galima naudoti naujas jutiklių programas, įskaitant didelio masto stebėjimą ir aptikimą. Tuo tarpu skaičiavimo galia per pastaruosius 15 metų padidėjo maždaug 100 kartų. Tokios programos kaip realaus laiko analizė ir dirbtinis intelektas gali perkelti veiklą iš vietinių prietaisų į debesų ir krašto kompiuterijos sprendimus. Be to, patobulintas mobilusis ryšys, atsiradęs 5G, leis kurti naujas patirtis, tokias kaip papildyta ir virtuali realybė. Galiausiai IoT rinka augs, nes esamus IT įrenginius reikės susieti su IoT. Tradicinių prijungtų IT prietaisų augimas yra gana nedidelis - maždaug 2 procentai per metus. Tačiau įdiegta daugiau nei penkių milijardų išmaniųjų telefonų, dviejų milijardų asmeninių kompiuterių ir vieno milijardo planšetinių kompiuterių bazė rodo didžiulę prietaisų integracijos rinką.

IoT technologijos jau palietė daugybę svarbių taikymo sričių, tokių kaip „Pramonė 4.0“, išmanieji miestai, išmanieji namai, automobiliai ir kita. Be to, pažangą užtikrinant technologijas, kurios prisideda prie interneto, reiškia, kad visi paveikti sektoriai dabar gali naudotis funkcijomis, kurios prieš penkerius metus nebuvo. Pavyzdžiui, B2B įmonės pradėjo naudoti „Industry 4.0“ technologijas, kad palaikytų tiesioginį ryšį su savo gaminiais šioje srityje. Ši nuolatinė stebėsena leidžia atlikti numatomą techninę priežiūrą ir pagerina efektyvumą bei įrangos. Debesų kompiuterija palengvina centrinį duomenų apdorojimą ir saugojimą ir įgalinimo platformas palengvinančios prieigą prie įrenginių, duomenų per visus įrenginius ir jungiamumo standartus. Atsirado papildomų analizės ir skaičiavimo įrankių, skirtų aiškinti, vizualizuoti ir pateikti išvalgas iš įrenginio duomenų. Kartu šios platformos išplito ir tobulėjo per pastaruosius penkerius metus ir dabar supaprastina

įrenginių integraciją bei programų įgyvendinimą - tai yra palanki pagrindinių žaidėjų augimo perspektyva. Verslo programos, ir toliau bus labai suskaidytos, su daugybe skirtingų sprendimų.

Įrenginių įgalinimo platformos, jungiančios įrenginius, debesies tiekėjus ir programas, skirtas optimaliam apdorojimui IoT nuostatose, yra pastebimas augimo ir vertės šaltinis. Trumpai tariant, įrenginių įgalinimo platformos pagerina finansinius rezultatus, susijusius su sąnaudomis, pajamomis ir efektyvumu, ypač vidutinės prekybos. Šių platformų paprastas įgyvendinimas padeda vidutinės rinkos įmonėms pasinaudoti daiktų interneto galimybėmis, net jei šios įmonės, palyginti su didelėmis įmonėmis, turi mažiau išteklių pritaikyti sprendimais.



2 p a v . Įrenginių įjungimo platformų svarba. [5]

„MC Kinsey“ kompanijos tyrimai rodo, kad padidėjus įrenginių įgalinimo platformoms, iš dalies dėl mažų ir vidutinių įmonių bei mažų ir namų biurų vartotojų, jų atitinkami pajamų fondai ir

toliau augs vidutiniškai 24 CAGR. procentų, 48 procentai - daiktų interneto naudojimo atveju (2 pav.).

## 1.2 Daugiafunkcinių mobiliųjų sensorinių tinklų, įspėjimo sistemų apžvalga

IoT sistemos neatsiejamas išmanių miestų vienas iš elementų. Literatūroje susiduriama su išmanių miestų realiais iššūkiais, įskaitant aplinkos tvarumą, socialinę ir ekonominę naujoves, dalyvavimo valdymą, geresnes viešąsias paslaugas, planavimą ir sprendimų priėmimą bendradarbiaujant [6]. Siekdami pagerinti socialinius ir ekonominius pasiekimus, išmanieji miestai stengėsi tvariai ir veiksmingai kontroliuoti savo išteklius. Organizacijų sistemos miestuose visą laiką kaupia duomenis daugelyje skirtingų vietų. Atsižvelgiant į didelę iš skirtingų miesto šaltinių gaunamų duomenų įvairovę, tokio didelio duomenų kiekio, organizavimas, aiškinimas, analizė ir prognozė yra labai sudėtingas procesas. Kalbant apie didelių duomenų greičio, įvairovės ir apimties savybes, šie duomenys turi didelių duomenų ypatybes ir yra gaunami iš heterogeniškų išteklių. Šiuo metu prasta oro kokybė įvairiuose apgyvendintuose miestuose yra laikoma svarbesne aplinkos problema nei bet kada. Oro tarša daro įtaką miesto tvarumui, todėl labai svarbu išmatuoti oro taršą ir panaudoti gautą informaciją numatyti ir atrasti ryšį tarp skirtingų IoT įrenginių, nustatant taršos šaltinius. Nepaisant tobulėjančių technologijų, duomenų gamyba, įrašymas, priežiūra ir apdorojimas kai kuriuose išmaniųjų miestų ištekliuose yra labai brangūs ir sudėtingi. Tai yra gyvybiškai svarbu registruojant, naudojant ir analizuojant duomenis iš šių išteklių. Pvz., Duomenys apie oro taršą realiu laiku (įskaitant ozoną, kietąsias daleles, anglies monoksidą, sieros dioksidą ir azoto oksidą) yra ypač svarbūs norint kontroliuoti oro taršą ir apsaugoti žmones nuo jos daromos žalos. Tačiau miestų vidutinės oro taršos stočių statybos ir priežiūros išlaidos yra atitinkamai 200 ir 300 tūkst. dolerių per metus.

Taip pat literatūroje nemažai pateikta oro taršos stebėjimo eksperimentų realiuoju laiku naudojant belaidžius jutiklius. Tyrimas „GreenIoT“ projekto Švedijoje dalis, kurio metu daiktų internetas naudojamas oro taršos lygiui Upsalos miesto centre matuoti [7]. Diegiant nebrangius belaidžius jutiklius, įmanoma gauti tikslesnį ir realiu laiku oro taršos lygį skirtingose vietose. Viešojo transporto priemonių jutikliai papildė stacionarių jutiklių ir vienintelės Upsalos žemės Švedijoje, lygio stebėjimo stoties rodmenis.

Dėl dramatiškos urbanizacijos plitimo šiuolaikiniuose miestuose reikia intelektualių sprendimų tokioms kritinėms problemoms kaip mobilumas, sveikatos apsauga, energetika ir civilinė infrastruktūra. Daiktų internetas (IoT) yra viena iš perspektyviausių įgalinančių technologijų, leidžiančių spręsti šias problemas, sukuriant didžiulį sujungtų fizinių objektų tinklą, įterptines

sistemas, programinę įrangą, jutikliais ir tinklo jungiamumu. Akivaizdu, kad IoT tampa naujos kartos išmaniųjų miestų bloku dėl savo galimybių išnaudoti tvarias informacines ir ryšių technologijas [8].

Visame pasaulyje miestai bando save paversti išmaniaisiais miestais. Naujausi atvejai ir tyrimai rodo, kad pagrindinis šios permainos veiksnys yra didžiųjų miestų duomenų iš suinteresuotųjų šalių ir miestų fizinių objektų naudojimas. Tačiau žinios ir duomenų naudojimo išmaniesiems miestams sistema yra palyginti nežinomos. Literatūroje pateikiami įvairių didžiųjų duomenų naudojimo atvejų analizės rezultatai viso pasaulio miestuose [9]. Klasifikuojami miesto duomenų naudojimo atvejai į keturis etaloninius modelius ir išskiriami šeši iššūkiai keičiant duomenis į išmaniųjų miestų informaciją. Be to šie tyrimai prisideda prie miesto planavimo ir politikos kūrimo šiuolaikinėje ekonomikoje, kurioje gausu duomenų.

Daiktų interneto IoT technologija suteikia daug galimybių plėtoti IT projektus, kurie siūlo piliečiams paslaugų platformą geresnėms gyvenimo ir transportavimo sąlygoms. Mokslininkų D. Grimaldi and V. Fernandez tyrimas prisideda prie išmaniųjų miestų aktualios temos, analizuojančios internetinės platformos pagrindu sukurto sprendimo efektyvumą. Tai įvertina, ar daiktų internetinės platformos projektas gali kartu pasiekti verslo, aplinkos ir socialinius tikslus [10]. Jie išbandė Nicoje (Prancūzija) parengtą projektą, kuriame automobilių stovėjimo aikštelėse, siekiant pagerinti miesto transportą, yra sumontuota daugiau nei 5 000 jutiklių. IT projekto pranašumai nustatomi lyginant duomenis, gautus iš Nicos, ir lyginant su dviem kitais panašiais miestais (Marselis ir Tulonas), kurie atlieka kontrolės grupės vaidmenį. Vertės kūrimo ir vertės fiksavimo analizė rodo privatus ir viešojo bendradarbiavimo valdymo modelį.

Dėl nepaliaujamo gyventojų skaičiaus augimo ir urbanizacijos suaktyvėjo novatoriški urbanizacijos būdai, darantys minimalų poveikį aplinkai, piliečių gyvenimui ir valdymui. Pradinė informacinių komunikacijų technologijų (IRT) integracija į miesto operacijas paskatino komunikacijos, informacinio miesto ir skaitmeninio miesto koncepcijas. Vėliau, IoT koncepcija įkūrė išmaniuosius miestus, kurie intelektualiai palaiko miesto veiklą su minimalia žmonių sąveika [11]. Išmanusis miestas atsirado kaip sprendimas iššūkiams, kylantiems dėl eksponentiškai didėjančios urbanizacijos ir gyventojų skaičiaus, sprendimo. Tačiau išmaniojo miesto koncepcija vis dar vystosi ir nėra integruota visame pasaulyje dėl technologinių, ekonominių ir valdančių kliūčių. Duomenų apdorojimas išmaniesiems miestams tampa sudėtingesnis, nes susiduriama su skirtingais tvarkymo etapais: duomenų rinkimas iš skirtingų heterogeninių šaltinių, apdorojimas kartais realiuoju laiku ir vėliau perduodamas aukšto lygio paslaugoms ar programoms, naudojamoms išmaniuosiuose miestuose. Pažangioms transportavimo sistemoms, minios valdymui, vandens išteklių valdymui, triukšmo ir oro taršos valdymui naudojamos programos reikalauja skirtingų duomenų apdorojimo būdų [12].

Pastaruoju metu daugėja atliekamų aplinkos taršos prognozavimo tyrimų, kuriuose pasitelkiama IoT nutolusius jutiklius, duomenų surinkimo ir analizavimo modelius, ir realaus laiko atvaizdavimo sistemas. Literatūroje dažnu atveju susiduriama su aktyvėjančią mokslinių tyrimų veiklą oro taršos prognozavimo srityje, naudojant dirbtinius neuroninius tinklus (DNT), surinkinėjant duomenis iš mobiliųjų sensorinių tinklų [13]. Tačiau, kuriant DNT modelius, kyla abejonių dėl duomenų surinkimo. Šiame darbe pateiktas Maier et al protokolas, skirtas DNT modelio kūrimui oro taršos prognozavimo vertinimą, naudojant DNT modelius. Darbas yra skirtas ilgalaikiam lauko kietųjų dalelių KD10, KD2,5 ir oksidų, azoto ir ozono prognozavimui.

Taip pat nustatyta kad taršos problemą, pramoninėse vietose susidariusios dulkės yra pagrindinės oro taršos priežastys [14]. Mokslininkai siūlo realizuoti IoT realaus laiko oro taršos indekso matavimo platformą, naudojančia 5G belaidį tinklą ir „blockchain“. Siūloma platforma nutraukia esamą pasyvųjį metodą ir renka duomenis realiuoju laiku, remdamiesi IoT jutikliais, 5G bevieliam tinkle. Siekdami užkirsti kelią klastojimui ir klastojant surinktus duomenis, šifravimui naudojama „blockchain“ technologiją ir perduoti į debesis ir pateikti realaus laiko oro taršos indekso matavimo platformą. Straipsnyje aprašoma siūlomos platformos architektūra ir aprašomi naudojimo atvejai. Dėl technologinės plėtros ir greitos pramoninės oro taršos, jos keliamą riziką kaip globalinį atšilimą ir ekosistemų kaita. Visų pirma, pramoninėse vietose atsirado tokie kenksmingos dujos ir smulkios dulkės išleidžiamas į atmosferą, o tai yra pagrindinė oro taršos priežastis. „Pasaulio sveikatos organizacijos“ (VOH) 2019 m. Statistinė ataskaita pateikiama, kai užterštas oras yra viena iš aštuonių pagrindinių mirties priežasčių pasaulyje [15]. Tarp oro išmetamų medžiagų, mažiausiai už PM2,5, valdomų kietosiomis dalimis arba smulkiomis dulkėmis, tai yra labai kenksmingas asmens organizmui, nes labai giliai įsiskverbia į žmogaus plaučius ir kraujotakos sistemą.

Didėjantys oro teršalai mažina paviršiaus saulės spinduliuotę, todėl gali būti įtakojami saulės spinduliuotė kintamųjų numatymas. Todėl mokslininkai; Junliang Fan, Lifeng Wu, Fucang Zhang, Huanjie Cai, Xiukang Wang, Xianghui Lu, Youzhen Xiang, straipsnyje „Evaluating the effect of air pollution on global and diffuse solar radiation prediction using support vector machine modeling based on sunshine duration and air temperature“ 2018 m. [16], aprašo tyrimą kuriame, šeši oro teršalai KD2,5, KD10, SO2, NO2, CO ir O3, taip pat oro kokybės indeksas (AQI) buvo pasirinktas analizuoti jų vienintelį ir integruotą poveikį, kasdien globaliai ir difuzinei saulės energijai, radiacijos (Rs ir Rd) numatymui. Buvo atsižvelgta į 23 parametrų derinius, naudojant saulės vektorių, naudojant „Support Vector Machine“ (SVM) trukmę arba oro temperatūra. Dienos meteorologinės ir oro taršos duomenys nuo 2014 m. sausio iki gruodžio mėn. 2015 m. Kinijos sostinės Pekinas buvo naudojami SVM modeliai ir duomenys nuo 2012 m. Sausio mėn. iki 2016 m. Gruodžio mėn. Rezultatai rodo, kad AQI

buvo svarbiausias oro taršos parametras tiek R, tiek Rd numatymas, po kurio seka O3 Rs ir PM2,5 Rd su nedideliu skirtumu kaip AQI. Kombinacijos Derinys PM10 ir O3 bei PM2.5 ir O3 derinys buvo pačios įtakingiausios dviejų oro taršos įvestys atitinkamai Rs ir Rd numatymui. Optimaliausias buvo KD2,5, KD10 ir O3 derinys trijų oro taršos sąnaudų derinys tiek Rs, tiek Rd numatymui. Palyginti su SVM modeliais neatsižvelgiant į oro taršą, SVM modelių tikslumą su įtakingiausiais jų deriniais, dviejų ir trijų oro taršos sąnaudos pagerėjo 13,9%, 19,8% ir 22,2% atsižvelgiant į saulės spinduliuotės RMSE Rs, atitinkamai. Atitinkamos vertės, susijusios su R, buvo 15,2%, 22,0% ir 22,8%. Saulės spinduliuotės Rd - 16,1%, 21,5% ir 24,5%, o Rd - 16,8%, 22,0% ir 23,3%. Rezultatai rodo tinkamo oro užterštumo parinkimo svarbą siekiant pagerinti R tikslumą ir Rd prognozė oro užterštuose regionuose.

Paprastai yra tik keletas fiksuotų oro kokybės stebėjimo stočių, įrengtų kaimuose ar kaimo vietovėse, ir išsamiai aprašyti tik keli nedidelio masto oro taršos tyrimai, dėl kurių sunku įvertinti žmogaus apšvitą tokioje aplinkoje ir su ja susijusioje aplinkoje. neigiamas poveikis sveikatai. Be to, biomasės deginimas gali būti svarbus oro taršos šaltinis kaimo vietovėse, panašus į transporto priemonių ir pramonės išmetamų teršalų kiekį planuojant miestus. Oro teršalus daugiausia veikia vietiniai šaltiniai. Todėl kietosioms dalelėms (KD10, KD2,5, KD1, kietųjų dalelių skaičiaus koncentracijai ir juodosios anglies kiekiui) matuoti yra naudojami nešiojamieji, su baterijomis maitinami stebėjimo įtaisai, siekiant ištirti oro kokybę kaimo bendruomenėse [17]. Tyrimų kuriuos atliko: Xiansheng Liu, Jürgen Schnelle-Kreis , Xun Zhang ir kiti. tikslas - ištirti mobiliosios stebėjimo įrangos pritaikymą nedidelio masto aplinkoje, palyginti kaimo oro teršalų skirtumus tarp dviejų kaimyninių kaimų dviejose šalyse ir nustatyti taršos taškus. Matavimai buvo atlikti 2018 m. Lapkričio mėn. Dviejuose kaimuose prie Vokietijos ir Čekijos sienos. Per keturias dienas abiejose vietose vienu metu buvo atliktas 21 judrus matavimas fiksuotais maršrutais. Išanalizavus duomenis paaiškėjo, kad abiejų šalių kaimo ir oro teršalų PN ir KD koncentracijos yra labai skirtingos. Erdvinis ir laikinas oro taršos taškų pasiskirstymas Čekijos kaime buvo didesnis nei tas, kuris buvo Vokietijos kaime. Ryšiai tarp matavimo parametrų buvo silpni, bet labai reikšmingi, o meteorologiniai parametrai gali turėti įtakos oro taršai. Apskritai šio tyrimo rezultatai rodo, kad mobilieji matavimai yra tinkami veiksmingai registruoti ir atskirti oro kokybės erdvinės ir laiko savybes.

Taip pat literatūroje nagrinėjamos intelektualios asmeninės oro kokybės stebėjimo sistemos (SPAMS), skirtos oro kokybės stebėjimui realiu laiku. Komerciškai prieinami pigūs CO, NO2, O3, PM, temperatūros (T) ir drėgmės (RH) jutikliai kartu su mikrovaldikliu ir GPRS buvo integruoti į SPAMS. Sukurtas SPAMS buvo kalibruojamas laboratorijoje ir patvirtintas atliekant lauko matavimus. Lauko matavimai buvo atlikti pėsčiųjų takais ir važiuojant autobusu įvairiu dienos metu ir skirtingomis savaitės dienomis pasirinktose vietose Chennai mieste, Indijoje. Rezultatai parodė,

kad KD<sub>2,5</sub> koncentracija buvo didžiausia intensyvaus eismo vietose (vidurkis =  $22,7 \pm 8,45 \mu\text{g} / \text{m}^3$ ), o mažiausia miesto fone (vidurkis =  $9,3 \pm 5,75 \mu\text{g} / \text{m}^3$ ). Tuo tarpu CO koncentracija buvo mažiausia paplūdimio kelyje (vidurkis =  $0,26 \pm 0,01 \text{ ppm}$ ) [18]. Nebuvo pastebėta didelių vidutinių NO<sub>2</sub> ir O<sub>3</sub> koncentracijų pokyčių. Kita vertus, keliaujant autobusais, rytiniu ir vakariniu periodais buvo stebima didesnė CO ir NO<sub>2</sub> koncentracija dėl intensyvaus transporto srauto. Dėl fotocheminių reakcijų O<sub>3</sub> koncentracija buvo didžiausia popietės metu.

Tarp atliktų tyrimų ir oro taršos numatymas panaudojant nevienalytį diferencinės evoliucijos metodą, apie kurį autoriai Rubal Dinesh Kumar aprašo straipsnyje „Evolving Differential evolution method with random forest for prediction of Air Pollution“ 2018m. [19]. Šiuo metodu siūloma derinti šiuolaikines diferencinio evoliucijos strategijas su atsitiktiniu miško metodu, užuot sutelkę dėmesį į esamą vieną techniką. Kai esamu požiūriu, t. y. nepriklausomi klasifikatoriai lyginami su siūlomu požiūriu, tai rodo, kad siūlomas požiūris lemia veiklos rezultatų padidėjimą. Nuolatinis dviejų Delio ir Patnos miestų aplinkos oro kokybės duomenys iš Centrinės taršos kontrolės valdybos buvo viešai prieinami nuo kur renkami septynių teršalų (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, PM<sub>2.5</sub> ir PM<sub>10</sub>) duomenų rinkiniai su vidutine dienos koncentracija. Oro tarša yra rimta socialinė ir aplinkos problema Indijoje. Šiame darbe atlikta skirtingų teršalų koncentracijos vertės matavimai. Pagrindinis tikslas yra numatyti tikslias vertes ir pateikti tikslų prognozavimų informacija. Oro kokybės indeksas (AQI) yra dienos oro kokybės stebėjimo parametras. Nepertraukiamas aplinkos oras kokie dviejų miestų duomenys, t. y. Delis ir Patna iš Indijos centrinės taršos kontrolės valdybos (CPCB), buvo paskelbti viešai. Prognozavimo užduotis yra parodyti skirtingus oro teršalus, jei oro parodymai visų septynių teršalų C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>, PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub> yra dideli.. Tai duoda septynis numatomus klasės kintamuosius. Iš rezultatų, gautų ankstesniuose skyriuose, daroma tyrimo išvada, kad kombinuotas diferencinio evoliucijos strategijos metodas gali pranokti ankstesnius metodus su nepriklausomu Bajeso tinklo klasifikatoriumi ir kelių klasifikatorių technika. Šis palyginimas parodė, kad naujas metodas parodė geresnius rezultatus nei turimi metodai. Ateityje šis metodas taip pat gali būti taikomas daugelyje kitų sričių aplinkos modeliavimui siekiant nustatyti debesų buvimą ir numatyti vėjo jėgą. Be to, įvairūs numatymo būdai gali būti sujungti, kad būtų galima numatyti duomenis ar bet kokią kita informaciją aplinkoje, panaudojant dirbtinius neuroninius tinklus.

Mokslininkų W.C. Leong, R.O. Kelani, Z. Ahmad atliktas tyrimas aprašomas straipsnyje „Prediction of air pollution index (API) using support vector machine (SVM)“ 2019 m. [20]. Taigi šiame tyrime siūloma palaikymo vektoriaus mašina modeliuoti oro taršos indeksą. Yra trys pagrindiniai parametrai, turintys įtakos veikimo palaikymui vektoriaus mašinos modelyje: baudos koeficientas (C), normalizacijos parametras (ε) ir naudojamos branduolio funkcijos tipas. Tačiau šiame tyrime tiriama tik branduolio funkcijų modelio parametrai. Modelio rezultatai yra analizuojami

naudojant kvadratų sumos paklaidą (SSE), kvadratų sumos klaidos vidurkį (MSSE) ir nustatymo koeficientą (R2). Nustatyta, kad siūlomas modelis, naudojant branduolio radialinę funkciją (RBF), efektyviai veikia ir tiksliai sugeba išspręsti sudėtingo oro taršos indekso modeliavimo problemą su sumine kvadrato paklaida (SSE), vidutinė kvadratinė paklaida (MSSE) ir nustatymo koeficientu (R2). Tačiau oro kokybės negalima nustatyti vien tik naudojant akis, taigi, norint nustatyti oro švarą ir kokybę buvo įvestas taršos indeksas (API). Iš pradžių API buvo įsteigta atsakas į sveikatos problemas, susijusias su oro kokybės blogėjimu. API naudojamas pranešti apie oro teršalų būklę, kuri plačiai pripažįstama kaip svarbus neigiamą poveikį sveikatai lemiantis veiksnys. Oro tarša yra pagrindinis aplinkos saugos problemų didmiesčiuose ir mieste veiksnys akivaizdu, kad yra daug oro taršos rodiklių, turinčių įtakos žmonių sveikatai.

Didėjant investicijoms į aplinkos taršos valdymą, būtina pagrįstai panaudoti aplinkos tvarkymo išlaidos. Tačiau aplinkos taršai reikia išspręsti tris valdymo iššūkius. Apie kuriuos kalba mokslininkai L. H. Yang, Y. M. Wang, [21]. Pirma, dažnai neatsižvelgiama į aplinkos taršos duomenų patikimumą, o tai gali įtakoti nepatikimus išvadų rezultatus. Antra, faktinėje praktikoje yra daug neaiškumų, į kuriuos nekreipiama dėmesio aplinkos taršos valdymo esamų išlaidų prognozavimo ir efektyvumo įvertinimus. Trečia, esamais tyrimais daugiausia dėmesio buvo skiriama efektyvumo vertinimui arba išlaidų numatymui ir nekreipta dėmesio į svarbą derinant aplinkos taršą. Norėdami išspręsti šias problemas, išplėsta tikėjimo taisyklių bazė (ERPB). Modelio, kuris atsižvelgia į pasekmių patikimumą, pasiūlymas numatyti intervalo sąnaudas, o po to – intervalą duomenų apvalkalo analizės (IDEA) modelis, pagal kurį vertinamas nepageidaujamas išėjimas, norint įvertinti intervalo efektyvumą aplinkos taršos valdyme. Remiantis šiais patobulintais modeliais, integruotas modelis pavadintas ERPB – IDEA modelis toliau tobulinamas esant neapibrėžtumui tarp intervalų. Eksperimentiniai rezultatai parodė, kad ERPB – IDEA modelis ne tik pasiekė norimą intervalo numatymą sąnaudų ir efektyvumo vertinimus, tačiau taip pat veiksmingai išskirti regioniniai aplinkos efektyvumo skirtumai taršos valdyme, palyginti su esamais modeliais.

Pažangi globalizacijos ir industrializacijos era paskatino paslėpti įvairius kartu esančius toksiškus elementus, kurie netinkamai suderino aplinkos pusiausvyrą. Dėl netinkamo tokių elementų apdoravimo buvo užteršti pagrindiniai ekosistemos elementai, kurie yra žmogaus gyvenimo palaikymo pagrindas, apie tai kalba autoriai J. Arora, U. Pandya, S. Shah, and N. Doshi, straipsnyje “Survey- Pollution monitoring using IoT” 2018 m. [22]. Tai yra vienas iš svarbiausių klausimų, susijusių su harmoningo žmogaus ir gamtos sambūvio išgyvenimu. Svarbiausias sprendimas suformuluoti yra žalos dydžio nustatymas ir pagrįstas prevencinėmis bei likvidavimo priemonėmis. Kintanti daiktų interneto technologija suteikia daugybę potencialių modelių pirmiau nurodytiems tikslams. Šiame darbe mokslininkų pateikiami kai kurie nagrinėti modeliai ir pateikiamas visų jų

palyginimas, siekiant iširti tobulinimo sritis ir pereiti prie geresnio, patikimesnio ir efektyvesnio modelio.

Naujausi paplitusių technologijų pasiekimai leidžia kasdienius daiktus tokius kaip bevieliai specialieji tinklai ir nešiojami jutiklių įtaisai, prijungti prie interneto, paprastai vadinamu daiktų internetu (IoT). Internetas yra laikomas intelektualių ir aplinką suprantančių paslaugų ir programų kūrimo įgalintuvu. Šios paslaugos galėtų dinamiškai reaguoti į aplinkos pokyčius ir vartotojų pageidavimus. Pagrindinis tikslas yra padaryti patogesnę vartotojų gyvenimą atsižvelgiant į jų buvimo vietą, dabartinius reikalavimus ir vykdomą veiklą. Tačiau be realaus laiko įvykių / duomenų gavimo ir apdorojimo platformos sunku tvarkyti dinamiškus ir dažnus konteksto pokyčius. Neseniai buvo pasiūlyta didžiųjų duomenų ir daiktų interneto technologija, skirta laiku analizuoti informacijos (t. y. Duomenis, įvykius) srautus. Apie realaus laiko duomenų gavybą ir apdorojimo problemas aprašo mokslininkas Y. N. Malek [23].

Apie laiko eilutės algoritmų naudojimą oro taršos duomenų surinkime kalba ir mokslininkai P. S. Maciąg, N. Kasabov, M. Kryszkiewicz, and R. Bembenik [24] ir siūlo naują klasteriais grindžiamo ansamblio modelį (CEeSNN) oro taršos prognozavimui pagrįsti. besivystančiuose „Spiking“ neuroniniuose tinkluose (eSNN), kur kiekvienas „eSNN“ tinklas treniruojamas atskiram laiko serijos rinkiniui. Taikydami savo požiūrį, mes sugeneruojame treniruočių rinkinius, sugrupuodami pradinį taršos vertės laiko eilučių rinkinį. Kiekviena gauta laiko eilučių grupė naudojama vienam eSNN tinklui sukurti. Eksperimentuose remdamiesi duomenimis, prognozavome ozono ir PM10 taršą Didžiojo Londono zonoje 1, 3 ir 6 valandoms į priekį trys stebėjimo vietos. Siūlomo „CEeSNN“ modelio, taip pat pavieniu NeuCube modeliu, MLP tinklu ir ARIMA modeliu buvo vertinama keliomis kokybe priemonės. Eksperimento rezultatai rodo, kad siūlomas ansamblio modelis sugeba duoti žymiai geriau prognozuoti rezultatus nei kiti trys modeliai.

Oro tarša tapo pagrindiniu vienu iš pagrindinių rūpesčių, nes tai daro didelę įtaką žmonių sveikatai. Problemai išspręsti buvo pasiūlytos kelios oro taršos stebėjimo, analizės ir prognozavimo sistemos. Tačiau yra labai mažai tyrimų, siekiant išsiaiškinti, ar oro kokybė yra susijusi su į gripą panašia liga (ILI), ar ne. atliktas tyrimas aprašytas straipsnyje “An implementation of real-time air quality and influenza-like illness data storage and processing platform” 2018 m. [25]. Kuriame aprašyta reikalinga sistema, kurioje būtų galima kartu analizuoti oro kokybės ir gripo tipo ligų duomenis, kad būtų galima tiksliai ir veiksmingai nustatyti jų ryšį. Šiame darbe buvo įgyvendinta nauja integruota platforma, sukuriant klasterio aplinką, pagrįstą „Hadoop“, „Spark“, ir vizualizacijos aplinką su „ELK Stack“ bei atsarginę saugojimo sistemą, paremtą „Ceph“ objektų saugojimo architektūra. Be to, „Sqoop“ ir „Alluxio“ buvo naudojami siekiant pašalinti neefektyvumo problemą apdorojant didžiulį duomenų kiekį. Eksperimento rezultatai parodė vizualizacijos duomenis apie oro

kokybę ir gripą primenančias ligas, surinktus 2016 - 2017 metais Taičunge, Taivanyje. Taip pat buvo pristatytos oro kokybės ir į gripą panašių ligų asociacijos analizės ir diskusijos.

Apie realaus laiko ir išankstinio perspėjimo dujų nuotėkio stebėjimo sistema, skirta dideliems regionams, pagrįstam mobiliųjų belaidžių jutiklių tinklais (MWSN) autoriai K. Guo, P. Yang, D. H. Guo, Y. Liu, aprašo savo darbe “Gas Leakage Monitoring with Mobile Wireless Sensor Networks” 2018 m. Straipsnyje paliečiama mobiliųjų belaidžių jutiklių tinklai, kuriuos sudaro mobiliųjų jutiklių terminalai ir stacionarūs jutiklių terminalai, leidžia stebėti nuotėkio dideliame regione duomenis [26]. Rezultatai rodo, kad šiame darbe sukurta realaus laiko ir išankstinio perspėjimo dujų nuotėkio stebėjimo sistema yra patikima ir praktiška.

Naftos ir dujų pramoninis pasaulis apima kritinius procesus ir naftos produktų tyrinėjimo, gavybos, rafinavimo, gabenimo ir rinkodaros mechanizmus. Naftos ir dujų įmonės turi veiksmingai kontroliuoti, stebėti, prižiūrėti ir užtikrinti procesus ir pramoninius išteklius. Norėdami išspręsti kritinius dujų tiekimo būklės, korozijos ir vientisumo stebėjimo, dujų nuotėkio aptikimo ir kitas susijusias problemas, belaidžių jutiklių tinklai (WSN) teikia perspektyvius sprendimus. WSN yra labiausiai paplitusi naftos ir dujų pramonėje naudojama technologija, turinti nuotolinę įrangą anomaliems įvykiams, tokiems kaip nuotėkio, korozijos ar bet kokios kitos žalos, aptikti ir pranešti apie juos [27].

Taip pat apie belaidžių jutiklių dujų jutiklių tinklo (WGSN), skirto aptikti degiąsias ar sprogiąsias dujas, kūrimą aprašo autoriai A. Somov, A. Baranov, A. Savkin, D. Spirjakin, A. Spirjakin, and R. Passerone, darbe “Development of wireless sensor network for combustible gas monitoring,” 2011 m. [28]. Aptikus avarinę situaciją, tinklo koordinatorius perspėja operatorių per GSM / GPRS ar Ethernet tinklą ir gali autonomiškai valdyti dujų išmetimo šaltinį per belaidę pavarą. Atlikti eksperimentiniai rezultatai parodo, kaip nustatyti optimalią jutiklio jautraus sluoksnio temperatūrą metanui aptikti, parodo jutiklio reakcijos į įvairias dujas laiką ir įvertina jutiklio mazgo suvartojamą energiją. Parodytas WGSN gali būti naudojamas įvairiems dujų stebėjimo tikslams.

### 1.2.1 Didžiųjų duomenų gavyba ir naudojamos IoT platformos

IoT platforma vaidina lemiamą vaidmenį išmaniųjų įrenginių pardavėjams ir pradedantiesiems, kurie gali ją naudoti aprūpindami savo produktus nuotolinio valdymo ir realiojo laiko stebėjimo funkcijomis, konfigūruojamais pavojaus signalais ir pranešimais, prijungiamomis debesies paslaugomis ir integracija su vartotojų išmaniaisiais telefonais ir kitais prietaisais [29].

Kitas platus IoT platformos pritaikymas yra sąnaudų optimizavimas pramonės, žemės ūkio ir transporto sektoriuose, nuotoliniu būdu stebint prietaisus ir transporto priemones, numatant įrangos

priežiūrą, renkant jutiklių duomenis realiojo laiko gamybos analizei ir užtikrinant saugą bei galutinius produktus. krovinių pristatymo iki galo sekimas. Didelės apimties internetiniai debesys yra tipiški SPS, išmaniojo miesto ir išmaniųjų energijos integratorių sprendimai. Pasinaudodamos internetine interneto platforma, šios įmonės kuria internetinę interneto infrastruktūrą, skirtą teikti visokias naujas paslaugas nuolatiniais klientams, viešųjų paslaugų įmonėms ir milžiniškoms korporacijoms. Tarp jų yra sujungtos automobilių paslaugos, išmaniųjų tinklų matavimas, oro kokybės stebėjimas visame mieste, intelektualiųjų pastatų diegimas ir daugybė kitų. Galiausiai, internetinė platforma yra pagrindinė technologija, skirta pagerinti klientų patirtį mažmeninės prekybos, sveikatos priežiūros, svetingumo ir kelionių srityse. Ji naudojama labai individualizuotoms paslaugoms įgalinti ir kliento bei įmonės sąveikai užtikrinti. Šiuo atveju pavyzdys yra nuotolinis paciento stebėjimo ir gydymo sprendimas, kuris yra nepaprastai patogus naudoti ir sutaupo daug laiko žmonėms reguliariems apsilankymams ligoninėje. IoT nereikia daug rinkti išsamių pacientų duomenų, o mažmenininkai ir svetingumo įmonės renkasi gausų duomenų kaupimą, kad sukurtų asmeninius pasiūlymus ir vykdytų veiksmingą rinkodarą.

1 lentelė. IoT platformų palyginimas

<b>IoT platforma</b>	<b>Įrenginio valdymas</b>	<b>Integracija</b>	<b>Saugumas</b>	<b>Duomenų protokoliai</b>	<b>Analitikos tipas</b>	<b>Vizualizacijos palaikymas</b>
2lemetry - IoT Analytics Platform*	Taip	Salesforce, Heroku, ThingWorx APIs	Link Encryption (SSL), Standards (ISO 27001, SAS70 Type II audit)	MQTT, CoAP, STOMP, M3DA	Real-time analytics (Apache Storm)	Ne
Appcelerator	Ne	REST API	Link Encryption (SSL, IPsec, AES-256)	MQTT, HTTP	Real-time analytics (Titanium [1])	Taip (Titanium UI Dashboard)
AWS IoT platform	Taip	REST API	Link Encryption (TLS), Authentication (SigV4, X.509)	MQTT, HTTP1.1	Real-time analytics (Rules Engine, Amazon Kinesis, AWS Lambda)	Taip (AWS IoT Dashboard)

Bosch IoT Suite - MDM IoT Platform	Taip	REST API	*Unknown	MQTT, CoAP, AMQP, STOMP	*Unknown	Taip (User Interface Integrator)
Ericsson Device Connection Platform (DCP) - MDM IoT Platform	Taip	REST API	Link Encryption (SSL/TSL), Authentication (SIM based)	CoAP	*Unknown	Ne
EVERYTHING - IoT Smart Products Platform	Ne	REST API	Link Encryption (SSL)	MQTT, CoAP, WebSockets	Real-time analytics (Rules Engine)	Taip (EVERYTHING IoT Dashboard)
IBM IoT Foundation Device Cloud	Taip	REST and Real-time APIs	Link Encryption (TLS), Authentication (IBM Cloud SSO), Identity management (LDAP)	MQTT, HTTPS	Real-time analytics (IBM IoT Real-Time Insights)	Taip (Web portal)
ParStream - IoT Analytics Platform**	Ne	R, UDX API	*Unknown	MQTT	Real-time analytics, Batch analytics (ParStream DB)	Taip (ParStream Management Console)
PLAT.ON E - end-to-end IoT	Taip	REST API	Link Encryption	MQTT, SNMP	*Unknown	Taip (Management)

and M2M application platform			(SSL), Identity Management (LDAP)			Console for application enablement, data management, and device management)
ThingWorx - MDM IoT Platform	Taip	REST API	Standards (ISO 27001), Identity Management (LDAP)	MQTT, AMQP, XMPP, CoAP, DDS, WebSockets	Predictive analytics(ThingWorx Machine Learning), Real-time analytics (ParStream DB)	Taip (ThingWorx SQUEAL)
Xively-PaaS enterprise IoT platform	Ne	REST API	Link Encryption (SSL/TSL)	HTTP, HTTPS, Sockets/ Websocket, MQTT	*Unknown	Taip (Management console)
Atlantis	Taip	REST and Real-time APIs	Link Encryption (SSL/TSL), Authentication (SIM based)	MQTT, HTTPS	Real-time analytics (Apache Storm)	Taip (EVERYTHING IoT Dashboard)

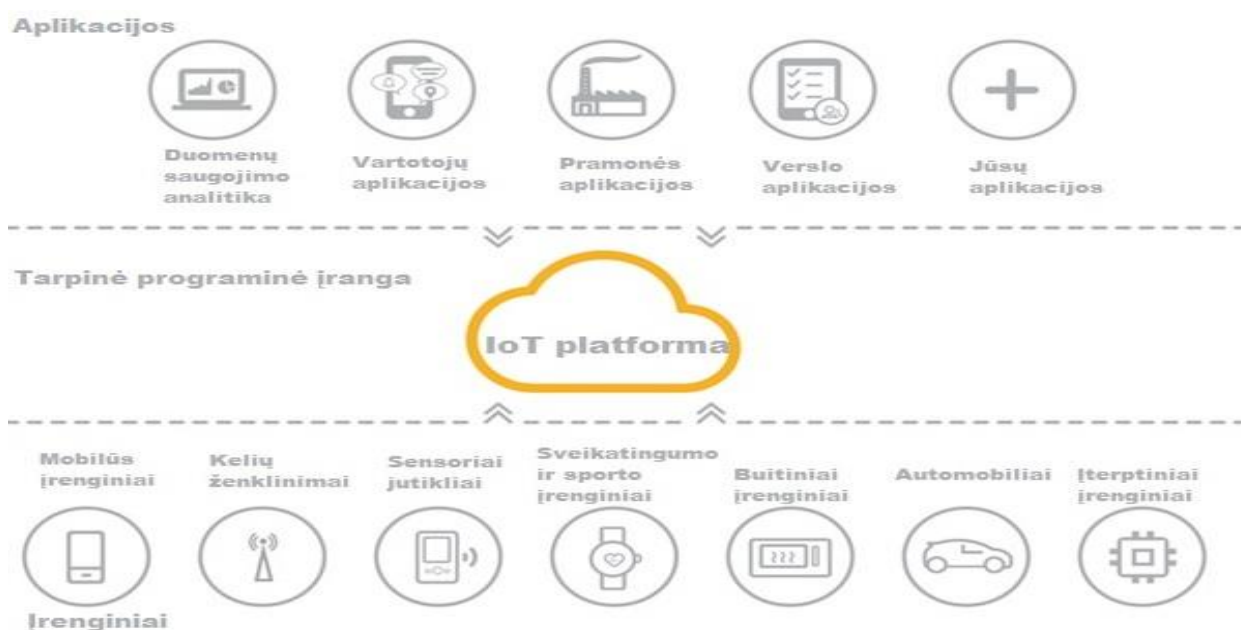
Šioje lentelėje nr.1 yra pateikta skirtingų IoT platformų palyginimas, į kurį įeina tokie parametrai kaip: Integracija, saugumas, duomenų protokolai, analitikos tipas bei vizualizacijos palaikymas, sudaryta autoriaus panaudojant skirtingų IoT platformų specifikacijų duomenis.

Didelių duomenų analizė per kelerius metus išpopuliarėjo dėl kompiuterijos ir elektronikos pokyčių. Literatūroje pasiūlyta keletas būdų, kaip efektyviai išgauti duomenis iš specialių duomenų bazių ir plataus spektro elektroninių jutiklių. Tačiau didėjant duomenų kiekiui, didėja ir duomenų įvairovė bei greitis (kartais eksponentiškai). Optimaliai didžiųjų duomenų gavybai literatūroje

pasiūlyti neuroniniai tinklai; tačiau jie kenčia dėl netinkamo ir netinkamo įrengimo problemų. Apie tai užsimena mokslininkai I. Essiet, Y. Sun, and Z. Wang [30]. Jie siūlo evoliucijos algoritmų rinkinius, tokius kaip: patobulintas nedominuojantis rūšiavimo genetinis algoritmas (NSGA), diferencinė evoliucija (DE) ir daugiaobjektyvus evoliucijos algoritmas, pagrįstas dominavimu ir skilimu (MOEAD / D). Šie algoritmai derinami su konvoliuciniu neuronų tinklu (CNN); efektyvumas vertinamas naudojant šaknies vidurkį kvadratinę paklaidą (RMSE) ir vidutinę absoliučią procentinę paklaidą (MAPE). Bandyto duomenis sudaro dujų jutiklių rodmenys, gauti iš 16 metalo oksido puslaidininkinių jutiklių. Aptiktos dujos yra anglies monoksidas / etilenas ore ir metanas / etilenas ore. Per nepertraukiamą 12 valandų laikotarpį buvo surinkti 4 178 504 duomenų taškai. Preliminarūs rezultatai rodo geresnes RMSE ir MAPE reikšmes per 50 mokymosi ciklą, palyginti su tuo atveju, kai CNN mokėsi savarankiškai.

### 1.2.2 Metodų, techninės ir programinės įrangos pasirinkimas

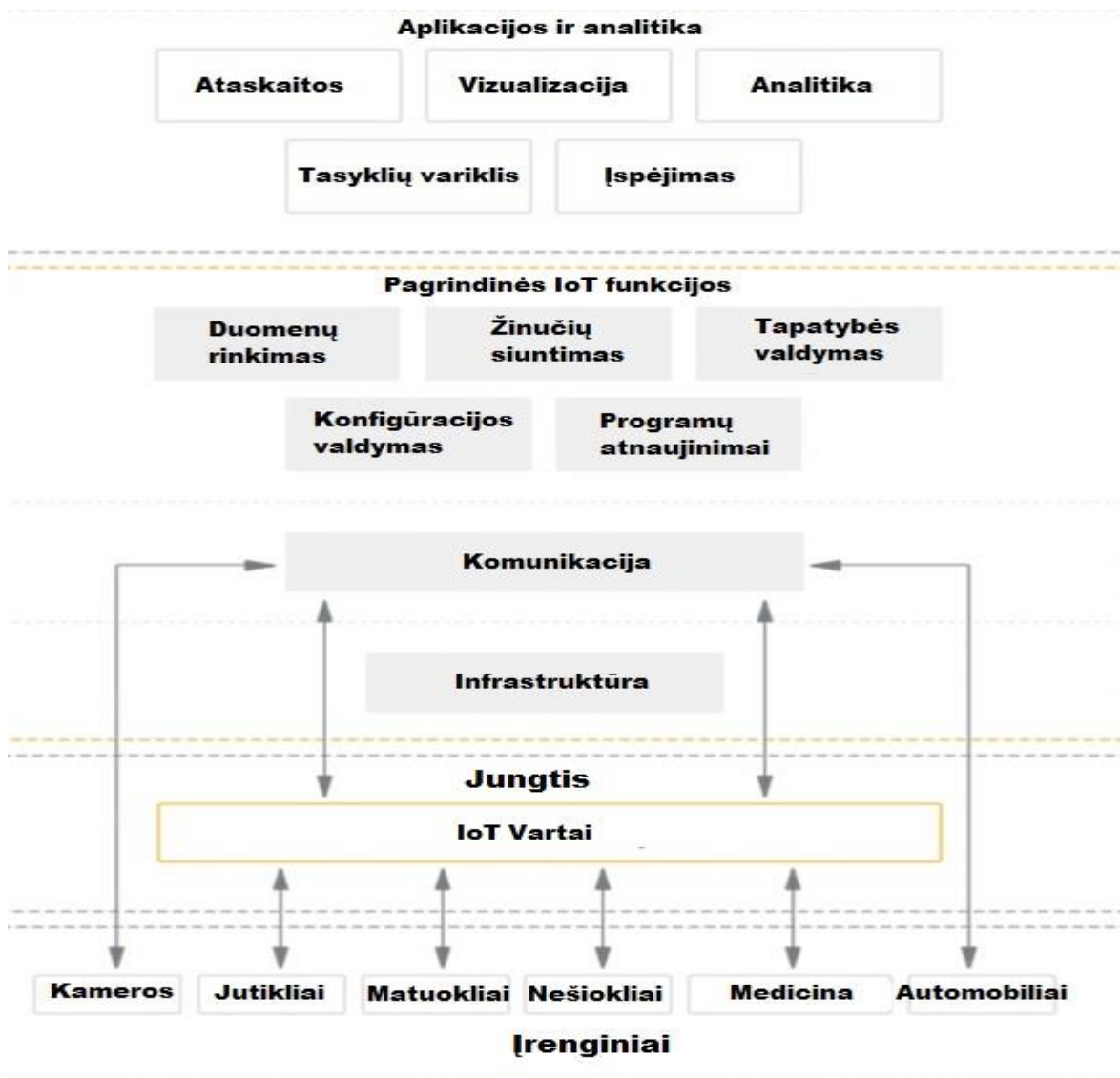
Dažniausiai IoT vadinama tarpine programine įranga, kai kalbame apie tai, kaip ji jungia nuotolinius įrenginius su vartotojo programomis (ar kitais prietaisais) ir valdo visas aparatūros ir programų lygių sąveikas. IoT platformos atsirado IoT tarpinės programinės įrangos forma, kurios tikslas buvo veikti kaip tarpininkai tarp aparatinės įrangos ir programų sluoksnių. Pagrindinės užduotys buvo duomenų rinkimas iš įrenginių naudojant įvairius protokolus ir tinklo topologijas, nuotolinio įrenginio konfigūravimas ir valdymas, įrenginių valdymas ir tiesioginės programinės įrangos atnaujinimai (3 pav.).



3 p a v . IoT platforma [29]

Tikimasi, kad internetinė tarpinė programinė įranga bus naudojama realiose nevienalytėse IoT ekosistemose ir palaikys integraciją su beveik bet koku prijungtu įrenginiu ir įsilies į trečiųjų šalių programas, kurias naudoja įrenginys. Šis nepriklausomumas nuo pagrindinės aparatinės įrangos ir išskylančios programinės įrangos suteikia galimybę vieningai interneto platformai vienodai lengvai valdyti bet kurį prijungtą įrenginį. Šiuolaikinės internetinės platformos žengia dar toliau ir įdiegia įvairias vertingas funkcijas, aparatūros bei programų sluoksniuose.

Keturiuose tipiškuose internetinių daiktų rinkinio sluoksniuose, kurie yra daiktai, jungiamumas, pagrindinės daiktų internetinės funkcijos ir programos bei analizė, aukščiausio lygio internetinė platforma turėtų suteikti jums daugumą IP funkcijų, reikalingų kuriant jūsų prijungtus įrenginius (4 pav.).



4 pav. 4 IoT sluoksniai [29]

Įrenginiai jungiami prie platformos, esančios debesyje arba duomenų bazėje, tiesiogiai arba naudojant „IP“ šliuzą. Šliuzas yra naudingas, kai galiniai taškai nesugeba tiesiogiai susisiekti iš

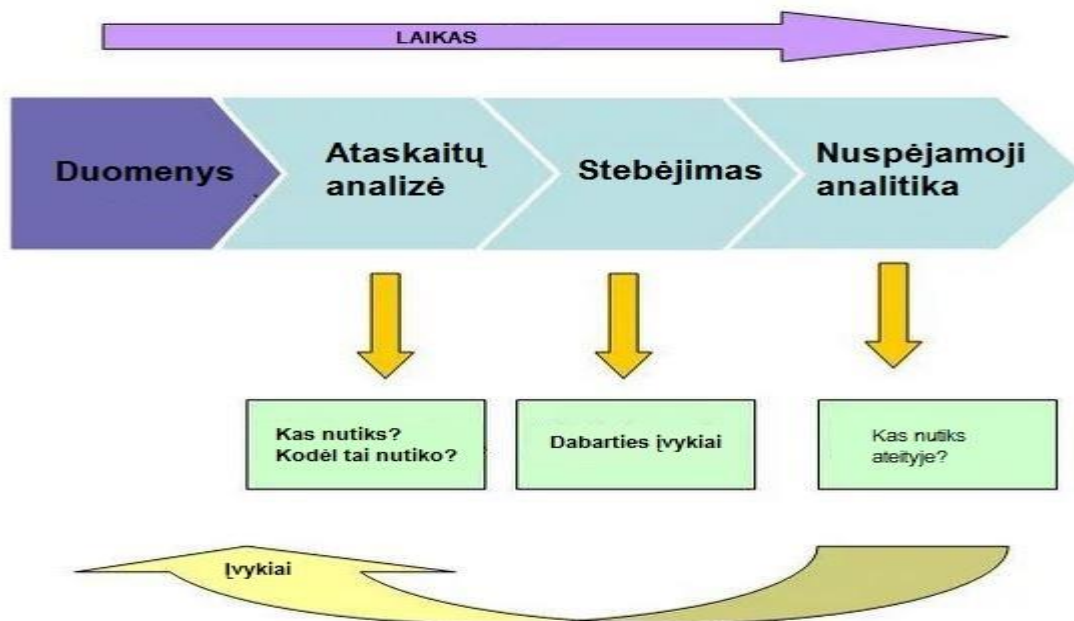
debesies arba, pavyzdžiui, reikia tam tikros skaičiavimo galios. Taip pat galima naudoti „IoT“ šliužą, kad konvertuotumėte protokolus, pavyzdžiui, kai galiniai taškai yra „LoRaWan“ tinkle, bet reikia susisiekti su debesiu per MQTT.

Pačią internetinę platformą galima suskaidyti į kelis sluoksnius.

- Apačioje yra infrastruktūros lygis, o tai suteikia galimybę platformai veikti, čia galima rasti komponentų, skirtų konteinerių valdymui, vidinės platformos pranešimų siuntimui, IoT sprendimų grupių kūrimui ir kt.
- Ryšių sluoksnis įgalina prietaisų pranešimus; kitaip tariant, čia įrenginiai prisijungia prie debesies, kad galėtų atlikti skirtingas operacijas. Šis sluoksnis žymi pagrindines IP funkcijas, pateikiamas platformoje. Tarp esminių duomenų bazės, įrenginių valdymo, konfigūracijos valdymo, pranešimų siuntimo ir OTA programų sistemų atnaujinimo.
- Dar vienas sluoksnis, mažiau susijęs su duomenų mainais tarp įrenginių, o ne su šių duomenų tvarkymu platformoje. Yra ataskaitų teikimas, kuris leidžia generuoti pasirinktines ataskaitas. Duomenų vaizdavimui vartotojo programose yra vizualizacija. Tada yra taisyklių variklis, analizė ir perspėjimas, kad būtų galima pranešti apie bet kokias jūsų IP sprendime aptiktas anomalijas.
- Svarbu tai, kad geriausios internetinės platformos leidžia jums pridėti savo pramonės šakos komponentus ir trečiųjų šalių programas. Jei nebūtų tokio lankstumo, internetinės platformos pritaikymas konkrečiam verslo scenarijui galėtų pareikalauti didelių papildomų išlaidų ir atidėti sprendimo pristatymą neribotam laikui.

### 1.3 Nuspėjamoji analitika

Nuspėjamoji analitika (angl. *Prescriptive analytics*), yra išplėstinės analizės šaka, naudojama prognozuoti nežinomus būsimus įvykius. Nuspėjamojoje analitikoje naudojama daugybė duomenų gavybos, statistikos, modeliavimo, mašininio mokymosi ir dirbtinio intelekto metodų, skirtų dabartiniams duomenims analizuoti, kad būtų galima numatyti ateitį. Nuspėjamoji analitika naudoja daugybę duomenų gavybos, numatomojo modeliavimo ir analitinių metodų, kad sujungtų valdymą, informacines technologijas ir procesų modeliavimą, kad galėtų prognozuoti ateities įvykius. Istoriniuose ir sandorių duomenyse randami modeliai gali būti naudojami nustatant riziką ir ateities galimybes. Nuspėjami analitikos modeliai užfiksuoja ryšius tarp daugelio veiksmų, kad būtų įvertinta rizika, atsižvelgiant į tam tikras sąlygų grupes, kad būtų galima priskirti balą ar svorį. Sėkmingai taikant nuspėjamąją analizę, galima efektyviai apdoroti didelius duomenis. Nuspėjamosios analitikos struktūra pavaizduota 5 paveiksle.



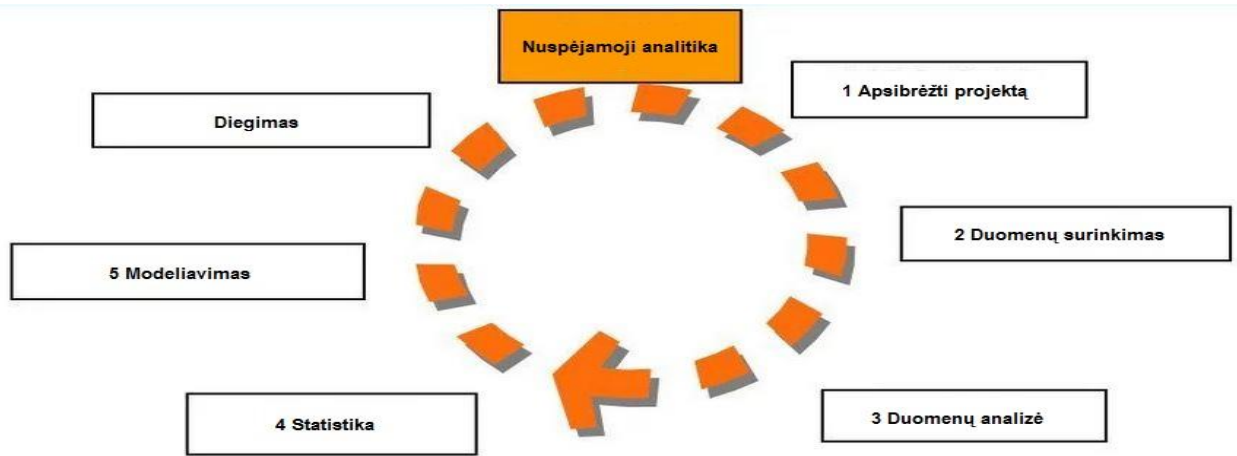
5 pav. Nuspėjamoji analitika [31]

Duomenų gavyba ir teksto analizė kartu su statistika, leidžia sukurti nuspėjamąją informaciją, atskleidžiant struktūrizuotų ir nestruktūruotų duomenų modelius ir ryšius. Duomenys, kuriuos galima lengvai naudoti analizei, yra struktūrizuoti duomenys, pavyzdžiui, amžius, lytis, šeimyninė padėtis, pajamos, pardavimai. Nestruktūruoti duomenys - tai skambučių centro užrašų, socialinės medijos turinio ar kitokio tipo atviro teksto tekstiniai duomenys, kuriuos reikia išgauti iš teksto kartu su nuotaikomis, o vėliau panaudoti modelio kūrimo procese. Nuspėjama analitika leidžia iniciatyviau orientuotis į ateitį, numatyti pasekmes ir elgsena atsižvelgiant į duomenis, o ne remiantis įžvalgomis ar prielaidomis. Taip pat nuspėjamoji analizė siūlo veiksmus, kurie naudingi numatymui, taip pat pateikia sprendimo variantus, kaip gauti naudos iš prognozių ir jų padarinių.

### 1.3.1 Nuspėjamosios analitikos procesas

Nuspėjamosios analitikos procesas pavaizduotas 6 paveiksle, kuriame visų pirma yra apibrėžiama projekto rezultatai, pastangų apimtis, tikslai, nurodomi duomenų rinkiniai, ir kur jie bus naudojami. Sekantis žingsnis tai duomenų surinkimas, nuspėjamosios analizės duomenų gavyba paruošia duomenis iš kelių šaltinių analizei, tai parodo išsamų vaizdą apie įrenginių sąveiką. Duomenų analizė yra duomenų tikrinimo, valymo, transformavimo ir modeliavimo procesas, siekiant sužinoti naudingą informaciją ir padaryti išvadas. Statistinė analizė leidžia patvirtinti prielaidas, hipotezes ir išbandyti jas naudojant standartinius statistinius modelius. Nuspėjamasis modeliavimas

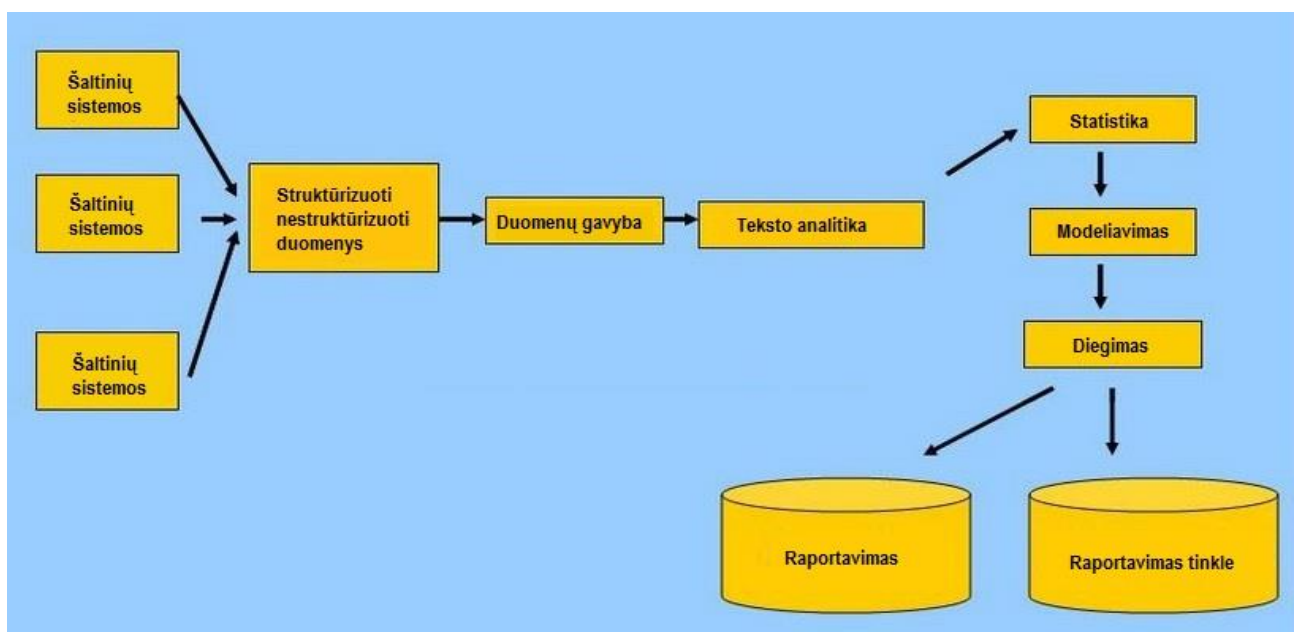
suteikia galimybę automatiškai sukurti tikslius numatomus ateities modelius. Taip pat yra variantų, kaip išsirinkti geriausią sprendimą įvertinant kelių modelių modelius.



6 pav. Nuspėjamosios analizės procesas [31]

Nuspėjamasis modelio diegimas suteikia galimybę pritaikyti analizės rezultatus kasdieniame sprendimų priėmimo procese, kad gautumėte rezultatus, ataskaitas ir rezultatus automatizuodami sprendimus, pagrįstus modeliavimu. Ir galiausiai atliekamas modelių stebėjimas. Modeliai yra valdomi ir stebimi siekiant peržiūrėti modelio veikimą, siekiant įsitikinti, kad jis teikia tikėtinus rezultatus.

„Prescriptive Analytics“ automatiškai automatizuoja sudėtingus sprendimus ir kompromisus, kad sudarytų prognozes, o paskui pro aktyviai atnaujina rekomendacijas, remdamiesi besikeičiančiais įvykiais, kad pasinaudotų numatymu. Veikimo principas pavaizduotas 7 paveiksle.



7 pav. Nuspėjamosios analizės veikimas [31]

Nuspėjamos analizės programos taikomos ir naudojamos siekiant pasiekti Ryšių su klientais valdymo (CRM) tikslus, tokius kaip rinkodaros kampanijos, pardavimai ir klientų aptarnavimas. Analitinis ryšių su klientais valdymas gali būti taikomas per visą kliento gyvenimo ciklą nuo pat įsigijimo, santykių augimo, išlaikymo ir atgavimo. Taip pat taikoma sveikatos priežiūros srityje, gali nustatyti pacientus, kuriems kyla rizika susirgti tam tikromis ligomis, tokiomis kaip diabetas, astma ir kitos gyvenimiškos ligos. Klinikinių sprendimų palaikymo sistemose yra numatomoji analizė, padedanti priimti medicininius sprendimus priežiūros vietoje. Nuspėjamosios analizės programos optimizuoja kolekcijos išteklių paskirstymą, identifikudamos veiksmingas surinkimo agentūras, kontaktų strategijas, teisinius veiksmus, siekiant padidinti atkūrimą, taip pat sumažinant surinkimo išlaidas, analizuoja klientų išlaidas, naudojimą ir kitokį elgesį, lemia efektyvų kryžminį pardavimą arba parduoda papildomus produktus dabartiniams klientams organizacijai, siūlančiai kelis produktus.

Nuspėjamoji analizė taip pat gali padėti nustatyti efektyviausią produktų versijų, rinkodaros medžiagos, komunikacijos kanalų ir laiko derinį, kuris turėtų būti naudojamas nukreipiant tam tikrą vartotojo tipą. Nuspėjamoji analizė naudojama draudimo, bankininkystės, rinkodaros, finansinių paslaugų, telekomunikacijų, mažmeninės prekybos, kelionių, sveikatos priežiūros, vaistų, naftos ir dujų bei kitose pramonės srityse.

#### 1.4 Duomenų klasterizavimo algoritmai

Analitinio apdorojimo realiu laiku sistemos yra skirtos visapusiškai analizuoti informaciją realiu laiku [32]. Sąveika su tokiomis sistemomis vyksta interaktyviai, atsakymai, net į daug skaičiavimų reikalaujančias užklausas, gaunami per kelias sekundes. Galutinė informacija gali būti pateikta ne tik skaičiais, bet ir lengviau vartotojui suvokiamu grafiniu pavidalu. Tokios duomenų surinkimo ir analizavimo užduotys reikalauja didelio paketinio našumo serverių gausioms sumavimo, perskaičiavimo ir užklausų operacijoms atlikti. Todėl duomenų paieškai ir analizei naudojami klasterizavimo algoritmai kurie veikia realiu laiku [33]. Klasteriavimas (angl. *clustering*) yra duomenų analizės būdas, padedantis atskleisti jų struktūrą. Klasteriavimas yra skirtas sugrupuoti duomenis į iš anksto nežinomas grupes arba klasterius (angl. *cluster*). Klasteriavimu taip pat gali būti siekiama sumažinti tiriamų duomenų kiekį, sugrupuojant ir nagrinėjant juos atskirai (angl. *Data Squashing*). Pagrindinis klasterinės analizės tikslas - suskirstyti objektus taip, kad skirtumai klasterių viduje būtų kuo mažesni, o tarp klasterių - kuo didesni. Dėl šių pranašumų, ir sugebėjimo dorotis su dideliais duomenų kiekiais, tokie duomenų paieškos ir analizės varikliai kaip „Elastic search“ naudoja klasterizavimo, laiko eilutės algoritmus tokius kaip „Clara“, ar „K means“

### 1.4.1 Algoritmas „Clara“

IoT sensorių duomenų surinkimui neatsiejamai naudojami laiko eilutės algoritmai, kurių pagalba iš duomenų srauto galima išskirti reikiamus duomenis, ir panaudoti juos reikiamiems procesams atpažinti. „Clara“ („Clustering Large Applications“ (Kaufman ir Rousseeuw 1990)) yra k-medoids (PAM) metodų pratęsimas, skirtas tvarkyti duomenis, kuriuose yra daug objektų (daugiau nei keli tūkstančiai stebėjimų), siekiant sumažinti skaičiavimo laiką ir RAM saugojimo problema. Tai pasiekama naudojant atrankos metodą. PAM (angl. *Partitioning Around Medoids*) - tai duomenų padalijimas (grupavimas) į k-grupes, tvirtesnę K priemonių versiją. [34].

„Clara“ koncepcija: Užuoat radusi viso duomenų rinkinio medoidus, „Clara“ apsvarsto nedidelį duomenų rinkinį su fiksuotu dydžiu (imties dydį) ir taiko PAM algoritimą, kad galėtų sukurti optimalų imties medoidų rinkinį. Gautų medoidų kokybė matuojama pagal vidutinį kiekvieno duomenų rinkinio objekto ir jo klasterio medoidą, apibrėžtą kaip sąnaudų funkcija. „Clara“ pakartoja mėginių ėmimo ir grupavimo procesus iš anksto nustatytą kartų skaičių, kad sumažintų mėginių ėmimo paklaidą. Galutiniai grupavimo rezultatai atitinka medoidų rinkinį su minimaliomis sąnaudomis.

Algoritmo veikimas yra toks:

1. Sukuriama atsitiktinai iš pradinio duomenų rinkinio keli fiksuoto dydžio pogrupiai (pavyzdžių dydis).
2. Kiekviename pogrupyje paskaičiuojamas PAM algoritmas ir pasirenkama atitinkamus k reprezentacinius objektus (medoidus). Kiekvieną viso duomenų rinkinio stebėjimą priskiriame artimiausiam medoidui.
3. Apskaičiuojamas stebėjimų skirtumų vidurkis (arba suma) pagal artimiausią medoidą. Tai naudojama kaip grupavimo gerumo matas.
4. Išsaugomas dalinis duomenų rinkinys, kurio vidurkis (arba suma) yra minimali. Tolesnė galutinio skaidinio analizė.

Sugeneruojamas atsitiktinių duomenų rinkinys. Norint, kad rezultatas būtų atkartojamas, naudojama funkcija `set.seed()`.

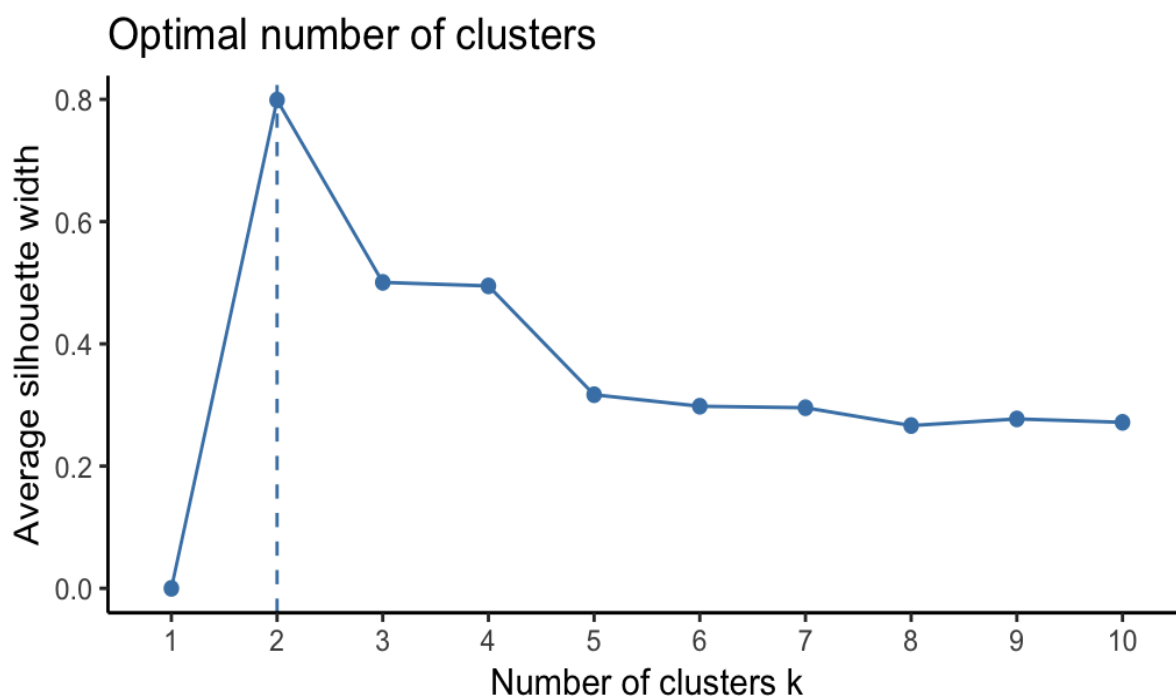
```
set.seed(1234)
# Generate 500 objects, divided into 2 clusters.
df <- rbind(cbind(rnorm(200,0,8), rnorm(200,0,8)),
           cbind(rnorm(300,50,8), rnorm(300,50,8)))

# Specify column and row names
colnames(df) <- c("x", "y")
rownames(df) <- paste0("S", 1:nrow(df))

# Previewing the data
head(df, nrow = 6)
```

```
##          x      y
## S1   -9.66  3.88
## S2    2.22  5.57
## S3    8.68  1.48
## S4  -18.77  5.61
## S5    3.43  2.49
## S6    4.05  6.08
```

Optimalių klasterių skaičių įvertinimas, norint įvertinti optimalų klasterių skaičių duomenyse, galima naudoti vidutinio silueto metodą. R funkcija `fviz_nbclust()` [factoextra paketas] pateikia sprendimą, palengvinantį šį žingsnį 8 paveikslas.



*8 pav.* Optimalių klasterių skaičius [35]

Clara įvedimas, R kodas apskaičiuoja PAM algoritmą, kai  $k = 2$ :

```
# Compute CLARA
clara.res <- clara(df, 2, samples = 50, pamLike = TRUE)

# Print components of clara.res
print(clara.res)

## Call:      clara(x = df, k = 2, samples = 50, pamLike = TRUE)
## Medoids:
##          x      y
## S121 -1.53  1.15
## S455 48.36 50.23
## Objective function:      9.88
## Clustering vector:      Named int [1:500] 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
1 1 1 ...
## - attr(*, "names")= chr [1:500] "S1" "S2" "S3" "S4" "S5" "S6" "S7" ...
## Cluster sizes:          200 300
```

```

## Best sample:
## [1] S37 S49 S54 S63 S68 S71 S76 S80 S82 S101 S103 S108 S109
S118
## [15] S121 S128 S132 S138 S144 S162 S203 S210 S216 S231 S234 S249 S260
S261
## [29] S286 S299 S304 S305 S312 S315 S322 S350 S403 S450 S454 S455 S456
S465
## [43] S488 S497
##
## Available components:
## [1] "sample" "medoids" "i.med" "clustering" "objective"
## [6] "clusinfo" "diss" "call" "silinfo" "data"

```

Funkcijos „clara“ () išvestį sudaro šie komponentai:

- medoids: objektai, vaizduojantys grupes
- clustering: vektorius, kuriame yra kiekvieno objekto klasterio numeris
- sample: geriausio pavyzdžio stebėjimų etiketės arba atvejų numeriai, tai yra mėginys, kurį „clara“ algoritmas naudoja galutiniam skaidymui.

Jei norima pridėti taškų klasifikaciją prie pradinių duomenų, reikia naudoti tai:

```

dd <- cbind(df, cluster = clara.res$cluster)
head(dd, n = 4)

##          x      y cluster
## S1   -9.66  3.88         1
## S2    2.22  5.57         1
## S3    8.68  1.48         1
## S4  -18.77  5.61         1

```

pasiekti „clara“ () grąžintus rezultatus galima taip:

```

# Medoids
clara.res$medoids

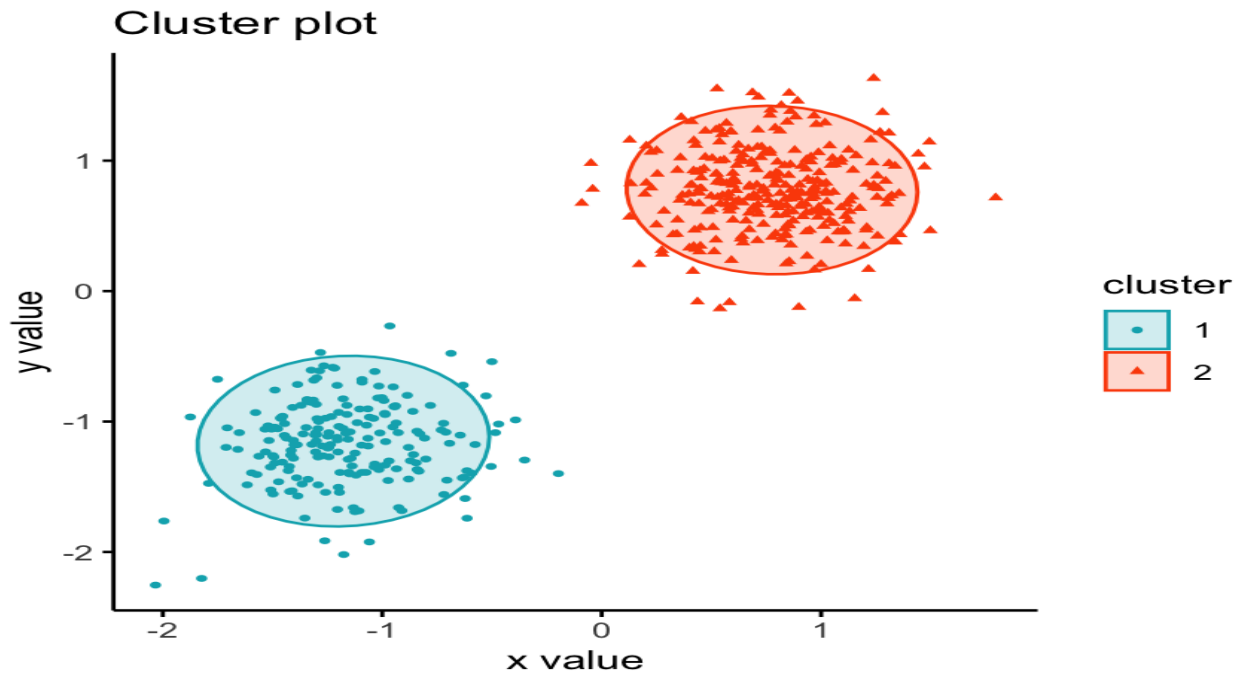
##          x      y
## S121  -1.53  1.15
## S455  48.36 50.23

# Clustering
head(clara.res$clustering, 10)

## S1 S2 S3 S4 S5 S6 S7 S8 S9 S10
##  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1

```

Medoidai yra S121, S455



9 pav. „Clara“ duomenų atvaizdavimas [35]

CLARA klasterių vaizdavimas, Norint parodyti skaidymo rezultatus, naudosisime funkciją `fviz_cluster()` [factoextra paketas]. Jis nubraižo duomenų taškų, išskirstytų į grupių skaičių, sklaidą 9 paveikslas.

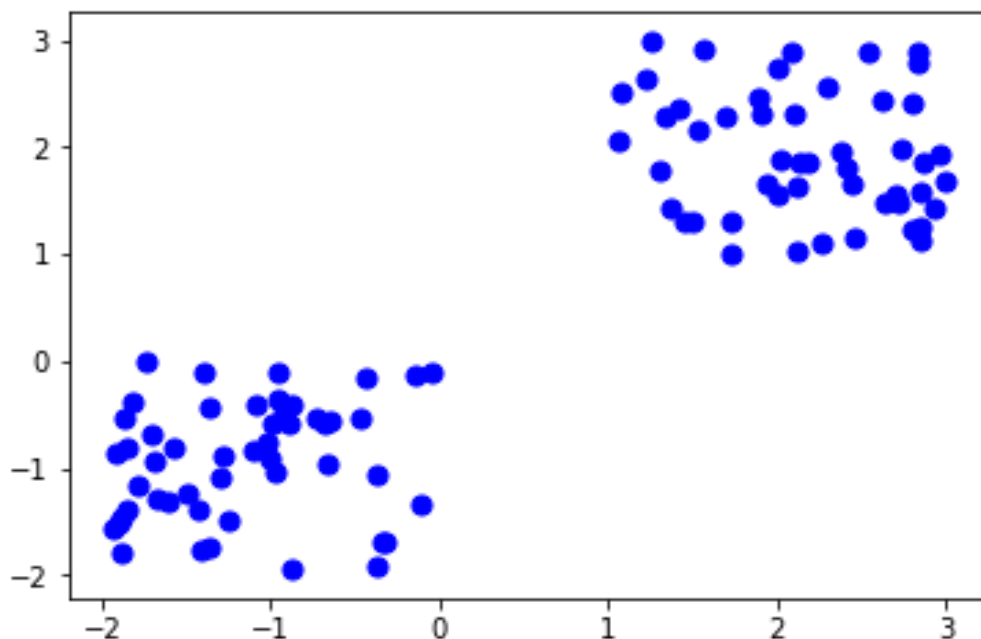
#### 1.4.2 Algoritmas „K Means“

Klasterizavimas yra viena iš labiausiai paplitusių tiriamųjų duomenų analizės metodų. Tai gali būti apibrėžta kaip užduotis identifikuoti pogrupius duomenyse tokiu būdu, kad duomenų taškai tame pačiame pogrupyje (klasteryje) yra labai panašūs, o duomenų taškai skirtingose grupėse yra labai skirtingi. Kitaip tariant, stengiamasi surasti vienarūšius pogrupius duomenyse taip, kad kiekvienos grupės duomenų taškai būtų kuo panašesni pagal panašumo matą, kaip atstumas, paremtas euklidiniu ar koreliacijos pagrindu, priklausomai nuo konkrečios programos. Skirtingai nei prižiūrimas mokymasis, klasterizavimas laikomas neprižiūrimu mokymosi metodu [36].

„K Means“ klasterizavimo algoritmas yra vienas iš paprasčiausių ir populiariausių neprižiūrimų mašinių mokymosi algoritimų. Paprastai neprižiūrimi algoritmai daro išvadą iš duomenų rinkinių, naudodami tik įvesties vektorius, nenurodydami žinomų ar pažymėtų rezultatų. „K Means“ algoritmo tikslas yra paprastas: sugrupuoti panašius duomenų taškus kartu ir atrasti pagrindinius modelius. K reiškia duomenų rinkinyje fiksuotą klasterių skaičių ( $k$ ). Klasteris tai duomenų taškų, sukauptų dėl tam tikrų panašumų, rinkinys. Nurodomas tikslinis skaičius  $k$ , kuris nurodo reikiamą centroidų

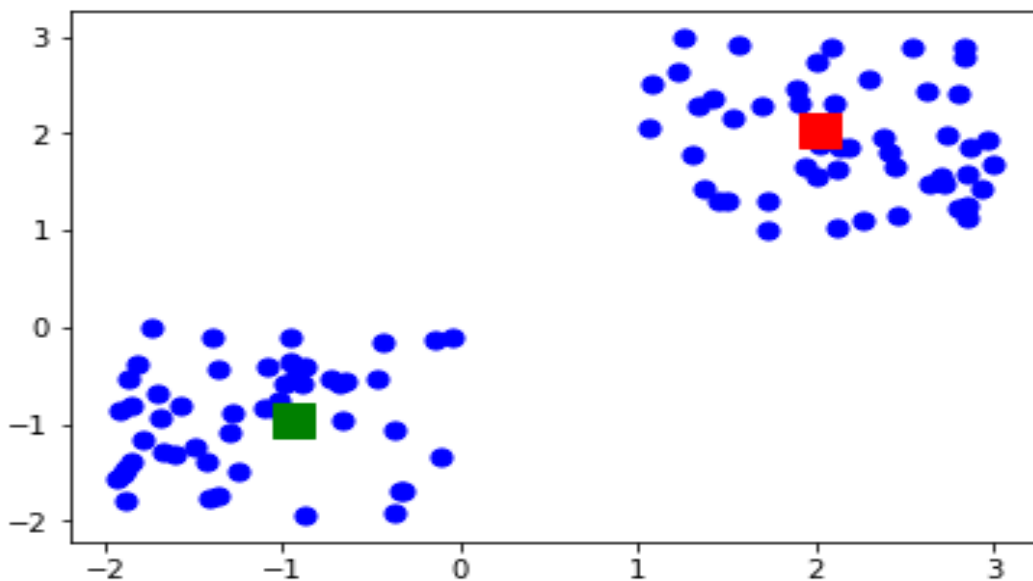
skaičių duomenų rinkinyje. Centroidas yra įsivaizduojama arba reali vieta, vaizduojanti klasterio centrą. Kiekvienas duomenų taškas skiriamas kiekvienai grupei, sumažinant klasteryje esančių kvadratų sumą. Kitaip tariant, K-reikšmės algoritmas identifikuoja k centroidų skaičių ir tada kiekvieną duomenų tašką paskirsto artimiausiai grupei, išlaikydamas kuo mažesnius centroidus. „Means“ algoritme nurodo duomenų vidurkį; kuris suranda centroidą. Duomenų taškai klasteriui priskiriami taip, kad atstumo tarp duomenų taškų ir klasterio centroido kvadratų suma (visų tai grupei priklausančių duomenų taškų aritmetinis vidurkis) būtų mažiausia. Kuo mažiau klasterių skirtumų, tuo homogeniškesni (panašūs) duomenų taškai yra tame pačiame klasteryje.

„K Means“ algoritmas veikia taip: norint apdoroti mokymosi duomenis, K Means algoritmas duomenų gavime pradeda nuo pirmosios atsitiktinai parinktų centroidų grupės, kurios yra naudojamos kaip kiekvieno klasterio pradžios taškai, ir tada atlieka iteracinius (pasikartojančius) skaičiavimus, kad optimizuotų centroidų padėtis. Sustabdomas grupių kūrimas ir optimizavimas, jei: centroidai stabilizavosi - jų vertės nekinta, nes susibūrimas buvo sėkmingas arba buvo pasiektas apibrėžtas iteracijų (pakartojimų) skaičius. Pateiktoje diagramoje (pav. 10) parodytas žalių duomenų išsidėstymas.



10 pav. Atvaizduotas žalių duomenys išsidėstymas dvimatėje erdvėje [37]

Pateiktoje diagramoje (pav. 11) parodytas duomenų, išskirstytų pagal klasterį, kuriam jie priklauso, išsklaidymas



*11 pav.* Duomenų išsklaidymas pagal jiems priklausantį klasterį [37]

Priešingai nei prižiūrimas mokymasis, klasterizacijos analizėje nėra patikimos vertinimo metrikos, kurią galėtume naudoti vertindami skirtingų grupavimo algoritmų rezultatus. Be to, kadangi „K Means“ reikalauja  $k$  kaip įvesties ir neišmoksta to iš duomenų, nėra tinkamo atsakymo, kiek klasterių reikia turėti bet kurioje problemoje. Algoritmo tikslas yra suskirstyti duomenų taškus į atskirus nepersidengiančius pogrupius. Tačiau klasterių geometrinės formos skiriasi nuo sferinių formų, be algoritmas taip pat neišmoksta klasterių skaičiaus iš duomenų ir reikalauja, kad jis būtų iš anksto apibrėžtas.

### 1.5 Oro taršos IoT sistemų analizės apibendrinimas

Yra keletas svarbių kriterijų, kurie atskiria IoT platformas viena nuo kitos, tai: mastelis, pritaikomumas, naudojimo paprastumas, kodo valdymas, integraciją su trečiosios šalies programine įranga, diegimo parinktys ir duomenų saugos lygis [38]. Mastelio keitimas (vietinis debesies pasirinkimas) - pažangios IoT platformos užtikrina elastingą mastelio didinimą pagal bet kokį galinių taškų skaičių, kurio gali prireikti klientui. Ši galimybė yra savaime suprantama, kai diegiami viešieji debesys, tačiau ji turėtų būti specialiai išbandyta diegimo vietoje atveju, įskaitant platformos apkrovos balansavimo galimybes, kad būtų maksimaliai padidintos serverių grupės funkcijos. Pritaikomas - lemiamas pristatymo greičio veiksnys. Tai glaudžiai susijusi su integravimo API lankstumu, platformos komponentų sujungimu ir šaltinio kodo skaidrumu. Mažiems, nereikalingiems IoT sprendimams gali pakakti skleisti gerus API, o turtingose, greitai besivystančiose IoT ekosistemose kūrėjams paprastai reikalingas didesnis visos sistemos, jos šaltinio kodo, integracijos

sąsajų, diegimo parinkčių, valdymas duomenų schemas, jungiamumo ir saugos mechanizmai ir kt. Saugumas - duomenų saugumas apima šifravimą, išsamų tapatybės valdymą ir lankstų diegimą. Duomenų srauto šifravimas, apimantis ramybės būsenoje esančius duomenis, įrenginio autentifikavimą, vartotojo prieigos teisių valdymą ir neskelbtinų duomenų privačią debesų infrastruktūrą - tai yra pagrindai, kaip išvengti galimo kompromituojančio jūsų interneto sprendimo pažeidimų. Kalbant apie šiuos aspektus, egzistuoja dvi skirtingos IoT sprendimų grupių diegimo paradigmos, kurias siūlo IoT platformos tiekėjai: viešasis debesis IoT PaaS ir savarankiškai priimamas privatus interneto debesis.

IoT debesis yra IoT platformų evoliucijos viršūnė. Kartais šios dvi sąvokos vartojamos pakaitomis, tokiu atveju paprastai ši sistema yra IoT platforma, kaip paslauga (PaaS). Šis sprendimas leidžia iš vieno technologijų tiekėjo išsinuomoti debesų infrastruktūrą ir internetinę platformą. Taip pat gali būti paruoštų naudoti internetinių sprendimų (internetinių debesų paslaugų), kuriuos siūlo teikėjas, pastatytas ir priglombtas jo infrastruktūroje.

Tačiau vieną svarbių šiuolaikinės interneto platformos galimybių sudaro privatus interneto debesų įgalinimas. Priešingai nei viešieji „PaaS“ sprendimai, esantys teikėjo debesyje, privatų interneto debesį galima priglombti bet kurioje debesijos infrastruktūroje, įskaitant privatų duomenų centrą. Šio tipo diegimas suteikia daug didesnę naujų funkcijų kūrimo, pritaikymo ir trečiųjų šalių integracijų kontrolę. Taip pat pasisakoma už griežtus duomenų saugumo ir našumo reikalavimus.

## 2. ORO TARŠOS ĮSPĖJIMO SISTEMOS MAKETO PROJEKTAVIMO DALIS

Šioje dalyje analizuojami reikiamos aparatinės įrangos (jutiklių) pritaikymas IoT oro taršos duomenų siųstuvui, ir aprašyta kuriamo maketo architektūra.

### 2.1 Sistemos funkciniai ir nefunkciniai reikalavimai

Norint įgyvendinti aplinkos taršos sistemą, reikia apsibrėžti funkcinius ir nefunkcinius reikalavimus kuriuos turi atitikti projektuojama aplinkos taršos sistema.

Funkciniai sistemos reikalavimai:

- Sistema turi matuoti, ne mažiau nei 20 skirtingų dujų tipų.
- Duomenų platforma turi surinkti duomenis iš IoT bazių ir paruošti juos atvaizdavimui.
- Grafinė vizualizacija.
- Įprasta grafinė sąsaja internetinėje naršyklėje.
- Istorijos duomenys.
- Galimybė identifikuoti jutiklių lokacijos vietą.
- Nustatyti matavimo ribas.
- Grafinė sąsaja turi būti aiški ir lengvai valdoma.
- Galimi skirtingo lygio sistemos vartotojai.
- Sistema turi turėti vartotojų meniu.
- Grafinė sąsaja turi aiškiai išskirti 3 skirtingus aplinkos lygius.
  1. Norma, 2. Prieš aliarminė būseną 3. Aliarminė būseną.
- Gauti vizualius įspėjimus.

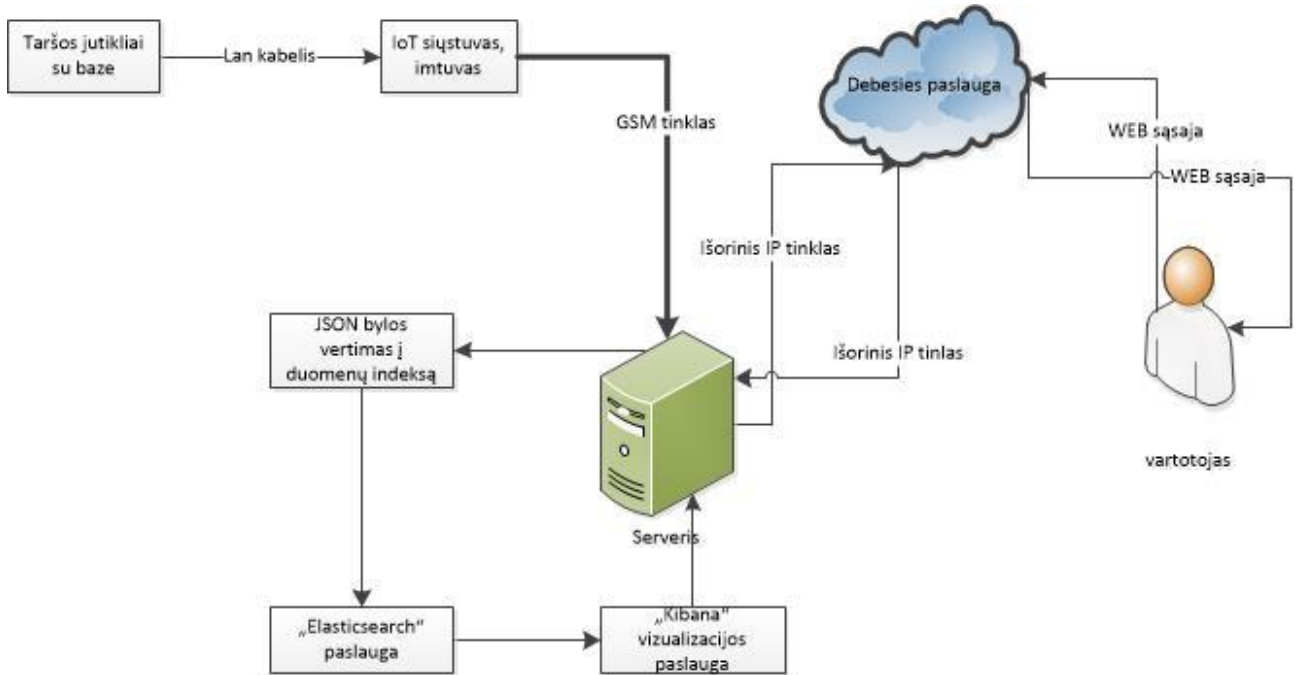
Nefunkciniai sistemos reikalavimai:

- Komunikacinis blokas ir detektorių bazė turi turėti išorines lengvai komutuojamas jungtis.
- Išoriniai jutiklių platformos komponentai.
- Komunikacinis blokas turi palaikyti 4G arba 5G tinklo ryšį.
- Multi funkcinė detektorių bazė su nemažiau 8vnt. detektorių jungtimis.
- Detektoriai turi turėti "MCERTS Performance Standards for Indicative Ambient Particulate Monitors" sertifikata. (pirmas priedas)
- Turi atitikti lauko temperatūros sąlygas -20 + 30C.
- Lengvai keičiami susidėvėję jutikliai.

- Komunikacinis blokas turi turėti integruotą arba išorinį GPS daviklį.

## 2.2 Laboratorinio oro taršos vizualizavimo modelio kūrimas

Sudaroma aplinkos taršos duomenų surinkimo ir atvaizdavimo sistemos prototipo modelio architektūra ir duomenų srautų diagrama, parenkami pagrindiniai sistemos komponentai (12 pav.).



12 pav. Aplinkos taršos duomenų surinkimo ir atvaizdavimo sistemos modelio architektūra ir duomenų srautų diagrama

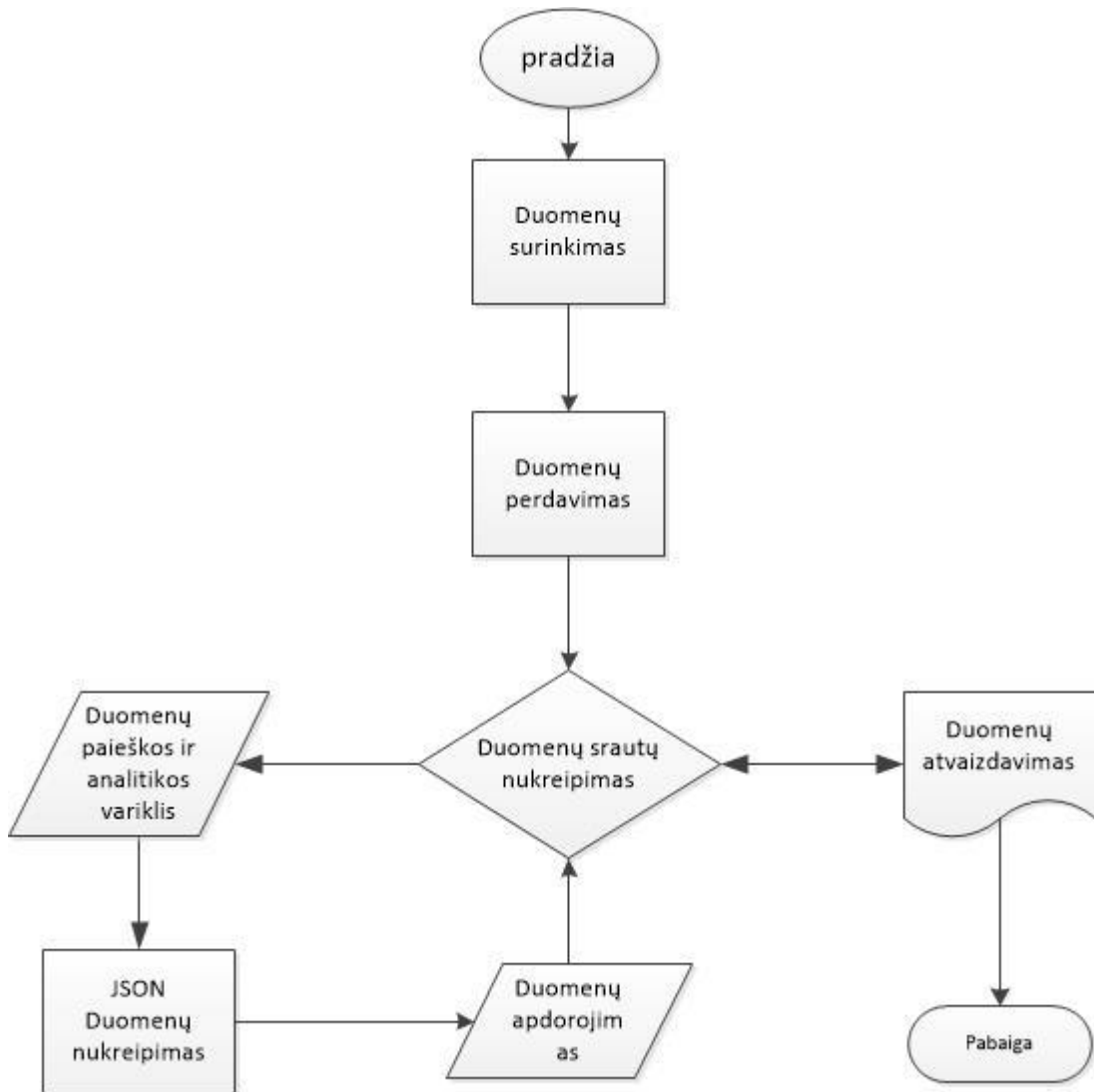
Sistemą sudaro šie pagrindiniai komponentai:

- Taršos matavimo sensoriai su baze.
- IoT siųstuvas, imtuvas.
- Paslaugų serveris.
- „PowerShell ISE“ įrankis
- „Elasticsearch“ servizas
- „Kibana“ servizas
- Debesies paslauga
- Vartotojo sąsaja

Norint surinkti kuo daugiau duomenų iš skirtingų teritorijų kuriuose nėra privesta interneto linijų, IoT siųstuvas, imtuvas duomenis perduoda GSM tinklais, šiuo metu veikiančiais 4G, bet numatoma kad siųstuvas turėtų galimybę siųsti duomenis ir 5G GSM tinklais.

### 2.3 Sistemos veikimo algoritmas

Sistema pirmiausia turi reaguoti į aplinkos pasikeitimą, tai atliekama aplinkos taršos sensorių pagalba, kurie fiksuojamą aplinkos pokytį perduoda į komunikacinį bloką. Tuomet duomenys GSM tinklu keliauja į serverį kuriame jie kaupiami. Sistemos veikimo algoritmas pavaizduotas 13 paveiksle.

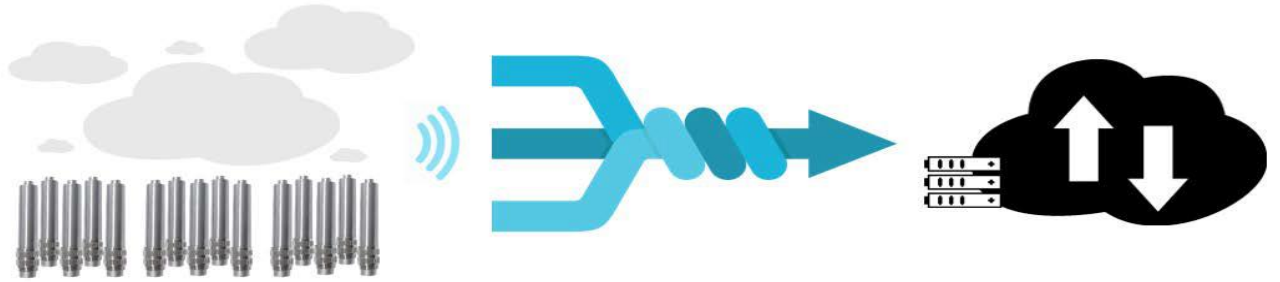


13 pav. Sistemos veikimo algoritmas

Serveris kaupia duomenis, priimdamas juo „JSON“ dokumento formatu. Įrankis „PowerShell ISE“ verčia „JSON“ bylos duomenis į reikiamą „Elasticsearch“ paslaugos reikalingą indeksą. „Kibana“ atvaizdavimo servizas priima sukurtą duomenų indeksą, ir verčia jį į vizualią vartotojui suprantamą sąsają. Vartotojas prisijungia su savo paskyra prie veikiančios sistemos gali stebėti įvykius realiu laiku, taip pat gali peržiūrėti istorinius duomenis. Taip pat vartotojas gali matyti realaus laiko aktyvias diagramas ir vertinti aplinkos taršos pokytį pagal esamus duomenis.

## 2.4 Taršos duomenų surinkimo sensoriai

Prototipui naudojami pramoniniai jutikliai turi būti tvirti, vandeniui atsparūs iš išorės ir vandeniui atsparia jungtimi. Jutiklis turi būti komutuojamas su pagrindine baze, kurioje turi būti numatyta daugiau rezervinių jungčių papildomiems skirtingo tipo davikliams. Daviklių komunikacinė architektūra pavaizduota (14 pav.).



14 pav. Detektorių duomenų perdavimo architektūra

Pilnai apkrautas detektorius turėtų būti sudarytas iš bazės su skirtingais keletą tipų jutikliais: dujų, drėgmės / slėgio / temperatūros. Prototipas sudarytas iš dujų jutiklių, ir numatomas dujų koncentracijos matavimas. Beje davikliai nėra ilgamažiai ir jiems atitinkamai reikia atlikti periodinę patikrą, todėl debesies platformoje reikia numatyti vartotojų informavimą, kai jutikliai praranda savo charakteristines savybes, ir juos reikia pakeisti.

Galimi daviklių tipai:

Azoto dioksido jutiklis (pav. 15), NO<sub>2</sub> yra svarbus oro taršos, kurią sukelia eismas, rodiklis. IoT NO<sub>2</sub> jutiklis užtikrina tikslų ir stabilų NO<sub>2</sub> stebėjimą, ir bendrą vidaus ir lauko oro taršą.



15 pav. Azoto dioksido jutiklis

NO2 jutiklio specifikacija pateikiama 2 lentelėje:

2 lentelė. NO2 jutiklio specifikacija

Pavadinimas	Parametrai
Veikimo tipas	Elektrocheminis jutiklis
Matavimo diapazonas	0 ppm - 5 ppm
Skyra	20 pbb
Reakcijos laikas	15 sekundžių
Veikimo laikas	5 metai

Pramoniniai IoT kietųjų dalelių PM1, PM2.5 ir PM10 matavimo tipo jutikliai: gali aptikti daleles, kurių dalelių skersmuo nuo 1 iki 10 mikronų, ir yra vienos iš pavojingiausių oro teršalų. Dėl mažo dydžio PM1 ir PM2.5 dalelės gali prasiskverbti giliai į žmogaus plaučius ir sukelti įvairių sveikatos problemų; pavyzdžiui, sukeldami astmos priepuolius ar prisidedami prie širdies ir kraujagyslių ligų. Kas labai aktualu uostamiestyje kuriame kraunami birūs ir dulkantys produktai tokie kaip pvz. trąšos ir t.t. Kietųjų dalelių jutiklio specifikacija pateikiama 3 lentelėje:

3 lentelė. Kietųjų dalelių jutiklio specifikacija

Pavadinimas	Parametrai
Veikimo tipas	Bendras vidaus ir lauko oro taršos matavimas
Masės koncentracija	PM1.0, PM2.5, PM4 en PM10
Tikslumas	± 10 µg / m <sup>3</sup> @ nuo 0 iki 100 µg / m <sup>3</sup> ± 10% @ 100–1000 µg / m <sup>3</sup>
Skyra	1 µg / m <sup>3</sup>
Diapazonas	nuo 1 iki 1000 µg / m <sup>3</sup>
Mėginių paėmimo intervalas	1 sek
Veikimo laikas	5 metai

Anglies dioksido CO2 jutiklis. Anglies dioksidas taip pat yra svarbus oro taršos rodiklis. Visame pasaulyje dėl jo išmetimo į atmosferą sukeliama per 60 % sustiprinto šiltnamio efekto. Šalyse, kuriose stipri pramonė, išmetamo CO2 kiekis sudaro daugiau kaip 80 % šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijos. IoT CO2 jutiklis užtikrina tikslų ir stabilų CO2, temperatūros ir drėgmės stebėjimą. CO2 specifikacija pateikiama 4 lentelėje:

4 lentelė. CO2 jutiklio specifikacija

Pavadinimas	Parametrai
Veikimo tipas	Bendra vidaus ir lauko oro taršos matavimas

jutiklio technologija	NDIR CO2
Matavimo diapazonas	400 ppm - 10 000 ppm
Tikslumas	± (30 ppm + 3%)
Veikimo laikas	5 metai

Internetinis vėjo jutiklis leidžia tiksliai ir stabiliai stebėti vėjo greitį ir vėjo kryptį. Šis vėjo jutiklis yra naudingas tose vietose, kur vėjas kinta dėl aplinkinių pastatų ar kur nėra arba nerenkami duomenys su tiksliais vėjo duomenimis.

IoT Garso lygio jutiklis užtikrina tikslus ir stabilus garso stiprumo matavimus (dBA). specifikacija pateikiama 5 lentelėje:

5 lentelė. Garso lygio jutiklio specifikacija

Pavadinimas	Parametrai
Matavimo diapazonas	30dBA ~ 130dBA
Tikslumas	± 1,5dB
Dažnių diapazonas	31,5Hz ~ 8,5KHz
Mėginių ėmimo dažnis	125ms

Lentelėje pateikiama reikalingi specifikaciniai duomenys garso jutikliui, kuris atitiktų oro taršos sistemos reikalavimus

#### 2.4.1 Taršos duomenų surinkimo sensorių platforma

Jutiklių korpusas turi būti stiprus, atsparus lauko sąlygom, ir turi turėti galimybę esant poreikiui palaikyti 8 skirtingus jutiklius savo bazėje. Modulinė bazė turi turėti gaubtą kuris apsaugotų jutiklius nuo lietaus ir spinduliuojamos šilumos. Oro srautas turi judėti per jutiklius, taip kad jutikliai gautų tikslią informaciją iš praeinamo oro srauto. Jutiklio bazė pavaizduota 16 paveiksle.

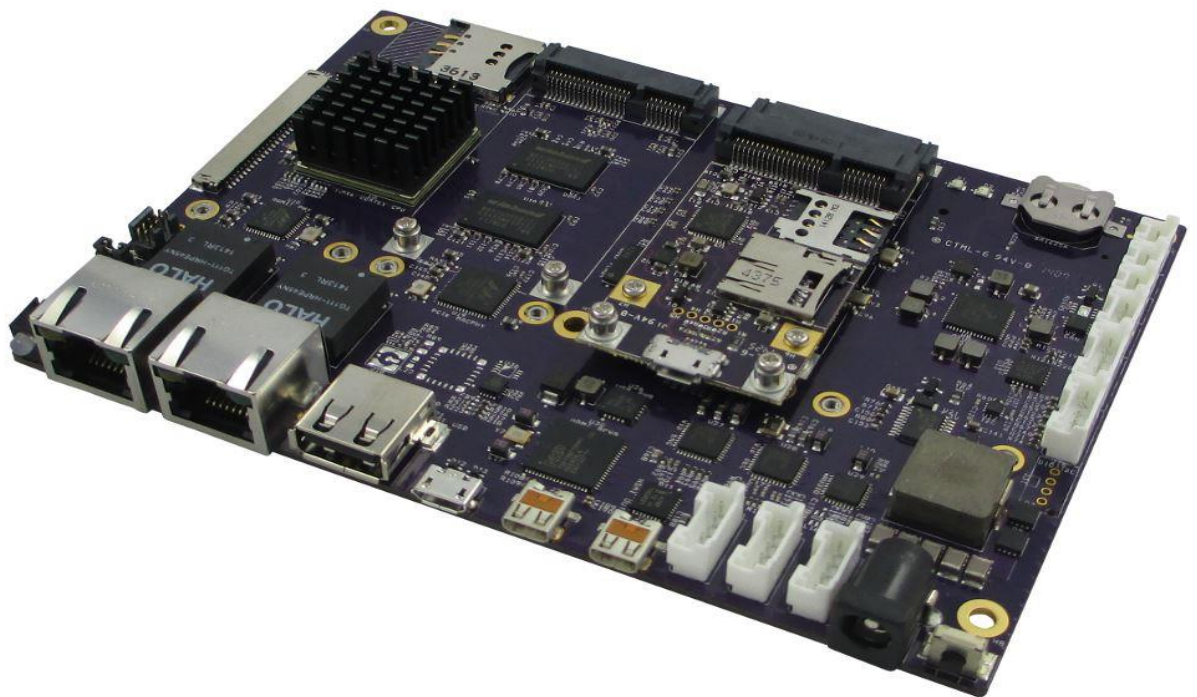


16 pav. Modulinė jutiklių bazė su galimybe 8 skirtingiems jutikliams

IoT Ryšių komunikacinis blokas yra „Linux“ platforma su vidiniu GPS vietos identifikavimui ir 3G / 4G/ (numatoma 5G) belaidžiu mobiliuoju duomenų ryšių komunikacija, duomenų perdavimui. Įrenginys fiksuoja jutiklio duomenis, turi galimybę saugoti juos jei nepavyksta susisiekti, ir siunčia juos į debesies serverius per 3G / 4G kur duomenys tvarkomi debesies platforma.

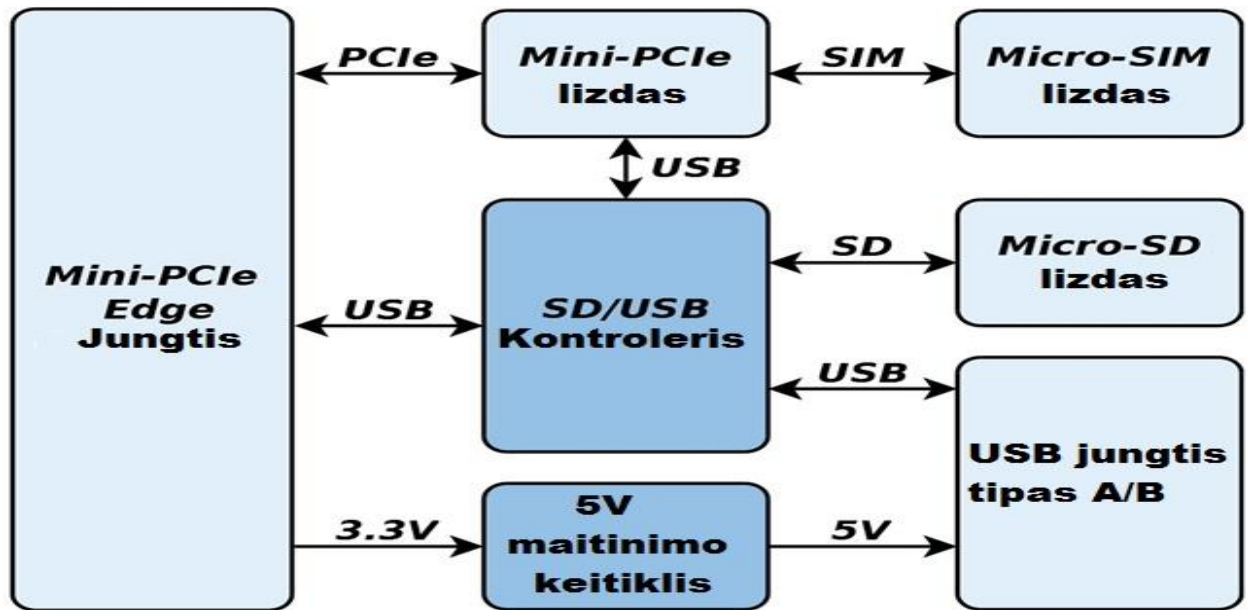
#### 2.4.2 Komunikacinis blokas

Komunikacinis IoT duomenų perdavimo blokas, tai multi modulis, kuris susideda iš modulinės bazės, kurioje suderinti komponentai surenka duomenis iš esamų bazėje taršos aptikimo detektorių ir perduoda informaciją i serverį kuriame ta informacija apdorojama ir nukreipiama reikiamais kanalais. Oro taršos aptikimo maketo projektavimui pasirinktas Amerikiečių „Gateworks“ gamintojo kuris projektuoja ir gamina aukštos kokybės, ARM pagrindu pagamintus vienkartinius kompiuterius, skirtus įterptoms ir pramoninėms reikmėms. Taip pat šio gamintojo platformos pasižymi ilgu eksploataavimo laiku ir puikiu techniniu palaikymu. Komunikacinę bloką sudaro šie komponentai: pagrindinė IoT komunikatoriaus plokštė bazinė pavaizduota 17 paveiksle, su integruota Mini-PCIE jungtimi komunikacinių modulių išplėtimui, duomenų įėjimo jungtis, SIM ir MicroSD Mini-PCIE išplėtimo modulis, 4G LTE Mini-PCIE išplėtimo modulis.



17 pav. „Gateworks“ IoT komunikatoriaus bazinė plokštė [39]

Komunikacinis IoT duomenų perdavimo bloko veikimo architektūra pavaizduota 18 paveiksle, kuriame matyti vidinė komunikacinė komponentų architektūra.



18 pav. Komunikacinio bloko pagrindinės plokštės architektūra sudaryta autoriaus

„Gateworks“ GW16103 SIM & MicroSD Mini-PCIE išplėtimo modulis pavaizduotas 19 paveiksle, jungiamas su pagrindinės plokštės Mini-PCIE jungtimi, ir yra skirtas GSM duomenų komunikavimui, specifikacija pateikta 5 lentelėje. Taip pat šis modulis turi MicroSD kortelės palaikymą, kurio pagalba į modulį galima įkelti norimą programą.



19 pav. SIM & MicroSD Mini-PCIE išplėtimo modulis [39]

SIM & MicroSD Mini-PCIE išplėtimo modulio specifikacija.

Pavadinimas	Parametrai
Maitinimas	3.3V Mini-PCIE Edge Connector Sunaudojama srovė: 0.2A
Dydis	30.0x60.8x6.0mm (1.18x2.39x0.24in) Svoris: 0.2oz (5.7g)
Darbinė temperatūra	-40C to +85C
Drėgnumo parametrai	20% to 90% MTBF: 154.8 Years at 55°C

„AirPrime MC7304“ 4G LTE Cat.3 modulis (pav. 20), palaikantis 4G LTE juostą 1/7/8/20. 4G modulis MC7304 palaiko LTE, DC-HSPA +, HSPA +, HSDPA, HSUPA, WCDMA, GSM, GPRS, EDGE ir GNSS ryšį. Įrenginys taip pat palaiko 2G / 3G/ 4G (5G) tarptinklinį ryšį, jei jis yra tiekiamas tiekėjo.



20 pav. 4G LTE Cat.3 modulis, palaikantis 4G LTE juostą

„AirPrime MC7304“ modulis leidžia kūrėjams pasinaudoti naujausios kartos greitųjų mobiliųjų tinklų teikiamomis galimybėmis, teikiant iki 100Mbps atsisiuntimo spartą ir 50Mbps įkėlimo spartą per LTE, kartu su visais 3G / HSPA + tinklais.

Modulis tai pat turi vietos nustatymo galimybes naudojant „A-GPS“, „GPS Xtra“ ir „Glonass“ tai svarbu norint identifikuoti tikslią komunikatoriaus vietą kuri reikalinga vizualizuojant norimus IoT sistemos įrenginius. Tai taip pat teikia „Linux“, „Windows 7-8-10“ palaikymą. MC7304 modulis

yra optimizuotas mažam energijos suvartojimui, leidžiant ilgesnį akumulatoriaus veikimą, ir mažesniai elektros sąnaudų suvartojimui. Specifikacija pateikiama 6 lentelėje.

6 lentelė. 4G LTE Cat.3 modulio specifikacija.

<b>Pavadinimas</b>	<b>Parametrai</b>
Kategorija	4G LTE Cat.3 Module
Procesorius	Qualcomm MDM 9215
Modulių jungtys	PCIe M.2
Technologija	LTE,HSPA+,UMTS,GPRS(Class 12),GSM,EDGE,HSDPA,
Dažnių juostos	- LTE: Band 1/3/7/8/20 2600/1800/2100/900/800 MHz - WCDMA: 850/900/1900/2100 MHz - GPRS/EDGE: 850/900/1800/1900 MHz - GPS: 1575.42MHz - GLONASS: 1602MHz
Duomenų greitis	- Downlink 100Mbps (20MHz bandwidth), 50mbps (10MHz bandwidth) - uplink 50Mbps (20MHz bandwidth), 25mbps (10MHz bandwidth)
Darbinė temperatūra	-25 o C to 60 o C
Sąsaja	USB

5 lentelėje pateikiamos esamos GSM modulio charakteristinės savybės kurios reikalingos IoT sistuvu stabilumui užtikrinti.

### 3. ORO TARŠOS DUOMENŲ SURINKIMO IR ATVAIZDAVIMO SISTEMOS MAKETO EKSPERIMENTINĖ REALIZACIJA LABORATORINĖMIS SALYGOMIS

#### 3.1 Paskirstytas atvirojo kodo duomenų paieškos ir analizės variklis

„Elasticsearch“ yra paskirstytas atvirojo kodo paieškos ir analizės variklis, skirtas visų tipų duomenims, įskaitant tekstinį, skaitinį, geo erdvinį, struktūrizuotą ir nestructūrizuotą. „Elasticsearch“ yra pastatytas ant „Apache Lucene“ ir pirmą kartą buvo išleistas 2010 m. „Elasticsearch N.V.“ (dabar žinomas kaip „Elastic“). Žinomas dėl paprastų REST API, paskirstyto pobūdžio, greičio ir mastelio, „Elasticsearch“ yra pagrindinis „Elastic Stack“ komponentas - atvirojo kodo įrankių rinkinys, skirtas duomenims perimti, praturtinti, saugoti, analizuoti ir vizualizuoti. Į „Elastic Stack“, paprastai vadinamą „ELK Stack“ (po „Elasticsearch“, „Logstash“ ir „Kibana“), dabar yra gausus lengvų gabenimo agentų, žinomų kaip „Beats“, duomenų siuntimo į „Elasticsearch“, rinkinys. „Elasticsearch“ greitis ir mastelio keitimas bei galimybė indeksuoti daugelio tipų turinį suteikia galimybę naudoti daugeliu atvejų: programų, svetainių, įmonių paieškose, medienos ruošoje ir žurnalų analizėje, infrastruktūros rodiklių ir konteinerių stebėjime, programos veikimo stebėjime, geo erdvinį duomenų analizėje ir vizualizavime, saugumo ir verslo analizėje.

Veikimo principas toks: neapdoroti duomenys patenka į „Elasticsearch“ iš įvairių šaltinių, įskaitant ir žiniatinklio programas ir IoT bazių surenkančių jutiklių duomenis. Duomenų perėmimas yra procesas, kurio metu šie neapdoroti duomenys yra analizuojami, normalizuojami ir praturtinami prieš juos indeksuojant „Elasticsearch“. Kai indeksuojami „Elasticsearch“, vartotojai gali vykdyti sudėtingas užklausas pagal savo duomenis ir naudoti apibendrinimus, kad gautų sudėtingas jų duomenų santraukas. „Kibana“ vartotojai gali kurti galingas savo duomenų vizualizacijas, dalytis prietaisų skydais ir tvarkyti elastinį pluoštą. „Elasticsearch“ indeksas yra dokumentų, kurie yra susiję vienas su kitu, rinkinys. Elasticsearch saugo duomenis kaip JSON dokumentus. Kiekvienas dokumentas koreliuoja raktų rinkinį (laukų ar savybių pavadinimus) su jų atitinkamomis reikšmėmis (eilutėmis, skaičiais, loginėmis reikšmėmis, datomis, verčių masyvais, geografinė padėtimi ar kitais duomenų tipais). „Elasticsearch“ naudoja duomenų struktūrą, vadinamą apverstąja rodykle, kuri yra skirta labai greitai viso teksto paieškai. Apverstoje rodyklėje pateikiamas visų unikalių žodžių, esančių bet kuriame dokumente, sąrašas ir nurodomi visi dokumentai, kuriuose kiekvienas žodis yra. Indeksavimo proceso metu „Elasticsearch“ saugo dokumentus ir sukuria apverstą rodyklę, kad dokumentų duomenis būtų galima ieškoti beveik realiuoju laiku. Indeksavimas pradedamas naudojant indekso API, per kurį galima pridėti arba atnaujinti JSON dokumentą konkrečiame indekse. „Logstash“, vienas iš pagrindinių „Elastic Stack“ produktų, yra naudojamas duomenims kaupti ir

apdoroti bei siųsti į „Elasticsearch“. „Logstash“ yra atvirojo kodo serverio duomenų apdorojimo magistralė, leidžianti vienu metu surinkti duomenis iš kelių šaltinių ir praturtinti bei paversti juos prieš juos indeksuojant į „Elasticsearch“.

„Kibana“ yra „Elasticsearch“ duomenų vizualizacijos ir valdymo priemonės, pateikiamos realaus laiko histogramos, linijų diagramos, lentelių diagramos ir žemėlapiai. „Kibana“ taip pat apima visas programas, tokias kaip „Drobė“, leidžiančias vartotojus kurti individualius dinaminis info grafinius duomenis pagal jų duomenis ir „Elastinius žemėlapius“, skirtas vizualizuoti geo erdvinius duomenis.

### 3.1.1 Duomenų surinkimas

Duomenim surinkti būtina turėti surinktą fizinį daviklio modelį (pav. 21), kurį galima montuoti į numatytą matuojamos teritorijos vietą, arba turėti kaip modelį ant testavimo stendo.



21 pav. IoT jutiklių bazė su komunikaciniu bloku sudaryta autoriaus.

Norint gauti žalius duomenis reikia sugeneruoti aplinkos pasikeitimą, sugeneruojant dujų ar lakiųjų medžiagų garavimą. Žalių duomenų surinkimui ir apdorojimui naudojamas paskirstytas

atvirojo kodo paieškos ir analizės variklis, skirtas visų tipų duomenims, įskaitant tekstinį, skaitinį, geo erdvinį, struktūrizuotą ir nestruktūrizuotą. Kaip tik šiam prototipui tinkamas rinkoje jau spėjes įsitvirtinti paieškos ir analizės variklis „Elasticsearch“ kuris yra pastatytas ant „Apache Lucene“ ir pirmą kartą buvo išleistas 2010 m. „Elasticsearch N.V.“ (dabar žinomas kaip „Elastic“). Žinomas dėl paprastų REST API, paskirstyto pobūdžio, greičio ir mastelio, „Elasticsearch“ yra pagrindinis „Elastic Stack“ komponentas - atvirojo kodo įrankių rinkinys, skirtas duomenims perimti, praturtinti, saugoti, analizuoti ir vizualizuoti. Į „Elastic Stack“, paprastai vadinamą „ELK Stack“ (po „Elasticsearch“, „Logstash“ ir „Kibana“), dabar yra gausus lengvų gabenimo agentų, žinomų kaip „Beats“, duomenų siuntimo į „Elasticsearch“, rinkinys. Naudojant įrenginių API, neapdoroti duomenys patenka į „Elasticsearch“ iš IoT komunikacinių blokų GSM tinklais (pav. 22).

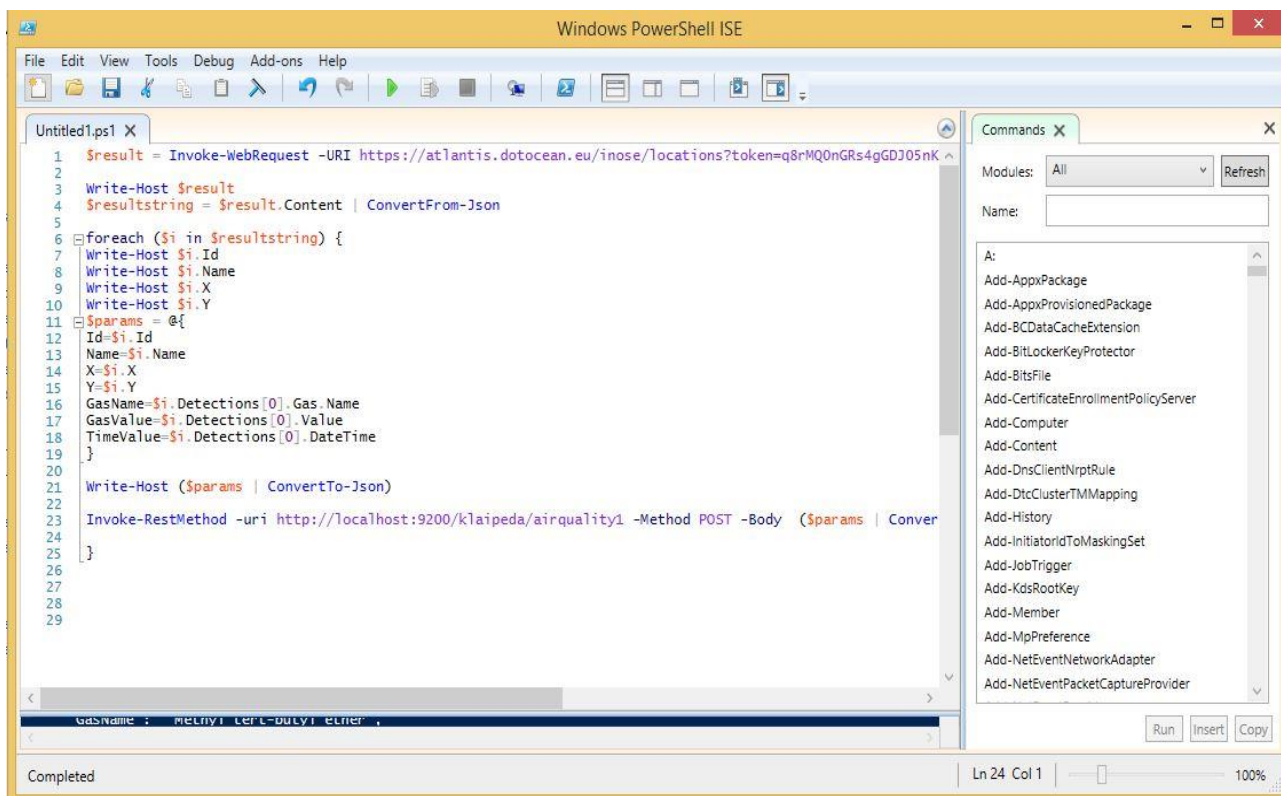
```

JSON Raw Data Headers
Save Copy Collapse All Expand All Filter JSON
0:
  Id: 56
  Name: "Edmasta"
  X: 21.131338119506836
  Y: 55.71269607543945
  Loggers:
    0:
      Name: "iNose_27898935-b229-4441-9315-ba351dae764b"
      Id: "27898935-b229-4441-9315-ba351dae764b"
      SerialNr: "DOT.INOSE.00.27898935-B229-4441-9315-BA351DAE764B"
      State: "NORMAL"
      DetectionState: "GAS_IDENTIFIED"
      UpdateDate: "2020-03-28T11:52:17"
      State: "NORMAL"
      DetectionState: "GAS_IDENTIFIED"
  Detections:
    0:
      DateTime: "2020-03-28T11:52:14"
      Gas:
        0:
          Id: 6
          Name: "Styrene"
          Value: 1.7865798473358154
          Level: "NORMAL"
  
```

22 pav. IoT įrenginio API, JSON dokumentas sudaryta autoriaus

Duomenų perėmimas yra procesas, kurio metu šie neapdoroti duomenys yra analizuojami, normalizuojami ir praturtinami prieš juos indeksuojant. „Elasticsearch“ indeksas tai duomenų rinkinys, kuris yra susijęs vienas su kitu. „Elasticsearch“ priima JSON dokumentus juos saugo ir indeksuoja. Nuskaityti JSON dokumentams dar papildomai duomenims kaupiti ir apdoroti bei siūsti į „Elasticsearch“ yra naudojamas tarpinis įrankis „PowerShell ISE“ pavaizduotas 23 paveiksle, kurio

pagalba parašomas skriptas, skirtas duomenų nukreipimui į „Elasticsearch“. Taip sukuriamas duomenų apdorojimo kanalas, leidžiantis vienu metu surinkti duomenis iš kelių IoT įrenginių, bei apversti juos prieš juos indeksuojant į „Elasticsearch“. „PowerShell ISE“ integruota skriptų aplinka. Su ISE galima rašyti ir paleisti komandas, išbandyti bei derinti scenarijus grafinėje vartotojo sąsajoje. ISE teikia daugialypį redagavimą, skirtukų pildymą, sintaksės spalvinimą, pasirinktinį vykdymą, svarbų kontekstą žinyną ir palaikymą kalbomis iš dešinės į kairę. Meniu elementai ir spartieji klavišai priskiriami daugeliui tų pačių užduočių, kurias galima atlikti „Windows PowerShell“ konsolėje.



2 3 p a v. PowerShell ISE aplinka sudaryta autoriaus

„PowerShell ISE“ skripto pagalba sukuriamas naujas duomenų indeksas „Kibana“ vizualizacijos platformoje, ir taip indeksas periodiškai atnaujinamas pagal nustatytus laiko tvarkaraščius. Skripte nurodomas IoT įrenginių kreipimosi adresas į serverį kuriame veikia įrenginių veikimo programa ir API prieigos raktas vadinamas „Token“, pvz: [https://serveris.edmasta.eu/locations?token = Yw60z15cz5Ce96xXnTTwWCAYZ9Askf](https://serveris.edmasta.eu/locations?token=Yw60z15cz5Ce96xXnTTwWCAYZ9Askf). (žiūrėta 20200428) Šis API prieigos raktas yra unikalus programos, prašančios prieigos prie paslaugos, identifikatorius. Paslauga sugeneruoja API prieigos raktą, kurį programa galės naudoti prašant paslaugos. Tuomet galima suderinti paslaugos pateiktą raktą su saugomu, kad būtų galima patvirtinti autentiškumą. API prieigos raktas yra tapatybės nustatymo forma, panaši į vartotojo vardą / slaptažodį ir pakeičia kai kuriuos vartotojo vardo ir slaptažodžio derinius per HTTP, kurie nėra saugūs. Vis dėlto

išlieka problema, kad kažkas gali paimti ir naudoti API prieigos raktą. Kiekvienas dokumentas koreliuoja raktų rinkinį (laukų ar savybių pavadinimus) su jų atitinkamomis reikšmėmis (eilutėmis, skaičiais, loginėmis reikšmėmis, datomis, verčių masyvais, geografine padėtimi ar kitais duomenų tipais). „Elasticsearch“ naudoja duomenų struktūrą, vadinamą apverstuoju indeksu, kuris yra skirtas labai greitai viso teksto paieškai. Apverstame indekse pateikiamas visų unikalių žodžių, esančių bet kuriame dokumente, sąrašas ir nurodomi visi dokumentai, kuriuose yra kiekvienas žodis. Indeksavimo proceso metu „Elasticsearch“ saugo dokumentus ir sukuria apverstą indeksą, kad dokumentų duomenis būtų galima ieškoti beveik realiuoju laiku. Šiuo atveju labai svarbūs realaus laiko duomenys, kuriuos surenkant naudojami laiko eilutės algoritmai. Indeksavimas pradedamas naudojant indekso API, per kurį galima pridėti arba atnaujinti JSON dokumentą konkrečiame indekse. Kai duomenys indeksuojami „Elasticsearch“, vartotojai gali vykdyti sudėtingas užklausas pagal savo duomenis ir naudoti apibendrinimus, kad gautų sudėtingas duomenų santraukas.

The screenshot shows the Windows PowerShell ISE interface. The main console displays a JSON document with the following content:

```

PS C:\Windows\System32\WindowsPowerShell\v1.0> D:\JTF\201909 Magistras\Baigiamasis darbas\Straipsniai\elastic
[{"Id":56,"Name":"Edmasta","X":21.131338119506836,"Y":55.712696075439453,"Loggers":[{"Name":"iNose 27898935
-b229-4441-9315-ba351dae764b","Id":"27898935-b229-4441-9315-ba351dae764b","SerialNr":"DOT_INOSE_00_27898935
-B229-4441-9315-BA351DAE764B","State":"NORMAL","DetectionState":"GAS_IDENTIFIED"},"UpdateDate":"2020-03-28
T12:14:02","State":"NORMAL","DetectionState":"GAS_IDENTIFIED","Detections":[{"DateTime":"2020-03-28T12:13:1
5","Gas":{"Id":16,"Name":"Methyl tert-butyl ether"},"Value":302.63839721679688,"Level":"UNKNOWN"}]}]
56
Edmasta
21,131338119506836
55,712696075439453
{
  "Id": 56,
  "Name": "Edmasta",
  "Y": 55.712696075439453,
  "TimeValue": "2020-03-28T12:13:15",
  "GasName": "Methyl tert-butyl ether",
  "X": 21.131338119506836,
  "GasValue": 302.63839721679688
}
_index      : klaipeda
_type       : airquality1
_id         : a9IQIXEBvtOpM03lSMac
_version    : 1
result      : created
_shards     : @{total=2; successful=1; failed=0}
_seq_no     : 28
_primary_term : 1
  
```

On the right side, the 'Commands' pane is open, showing a list of modules under the 'A:' drive, including 'Add-AppxPackage', 'Add-AppxProvisionedPackage', 'Add-BCDataCacheExtension', 'Add-BitLockerKeyProtector', 'Add-BitsFile', 'Add-CertificateEnrollmentPolicyServer', 'Add-Computer', 'Add-Content', 'Add-DnsClientNrptRule', 'Add-DtcClusterTMMapping', 'Add-History', 'Add-InitiatorIdToMaskingSet', 'Add-JobTrigger', 'Add-KdsRootKey', 'Add-Member', 'Add-MpPreference', 'Add-NetEventNetworkAdapter', and 'Add-NetEventPacketCaptureProvider'. The 'Run' button is visible at the bottom of the pane.

24 pav. „PowerShell ISE“ išvedimas sudaryta autoriaus

24 paveiksle pateikiamas „PowerShell ISE“ realiu laiku renkamų duomenų išvedimas, JSON bylos apvertimas ir atiduodami duomenys į „Kibana“ vizualizacijos duomenų priėmimą

### 3.2 Duomenų atvaizdavimas

„Kibana“ yra „Elasticsearch“ duomenų vizualizacijos ir valdymo įrankis, pateikiantis realaus laiko histogramas, linijų diagramas, lentelių diagramas ir žemėlapius. „Kibana“ taip pat apima pažangias programas, tokias kaip „Canvas“, leidžianti vartotojams kurti individualius dinامينius info grafinius duomenis pagal jų turimus duomenis. „Kibana“ vartotojai gali kurti savo duomenų vizualizacijas, dalytis prietaisų skydais ir tvarkyti elastinį pluoštą. „Kibana“ branduolys pateikiamas su: histogramomis, linijų grafikais, lentelėmis ir kitais elementais. „Elasticsearch“ atliekant išplėstinę duomenų analizę naudoja laiko eilučių algoritmus, kurių pagalba apibūdinamos užklausa, transformacijos ir vizualizacijos. Taikomas mašininis mokymasis duomenų klasifikavimui, regresijai ir pašalinio triukšmo aptikimui. Naudojant nuolatinės indekso transformacijas, konvertuoti programų žurnalų rodyklę į vartotojui skirtą veiklos rodinį, sukuriamas aptikimo modelis. Kad gauti vizualizacijos duomenis nurodoma paieškos užklausa. Įvedant naujus paieškos kriterijus, reikia pasirinkti indeksų modelį indeksams, kuriuose yra norimi vizualizuoti duomenys. Kuriant vizualizaciją iš pastoviai atnaujintos paieškos, visos paieškos modifikacijos automatiškai atsispindi vizualizacijoje.

Serveryje paleidžiamas kibana.bat servizas, pasileidus servizui, į internetinės paieškos naršyklę įrašomas adresas „http://localhost:5601/“, ir prievadu 5601 pasiekama „Kibana“ vizualizacija. Taip pat atsidaro komandinės eilutės langas kuriama rodoma kad servizas veikiantis ir galima juo naudotis „Kibana“ vizualizacijos darbo lauke surandamas ir priskiriamas „PowerShell ISE“ sukurtas indeksas, sukuriamas naujas matuoklio vizualizacijos elementas, nustatomas matavimo tipas „vidutinė „Ppm“ duomenų vertė“.

„Kibana“ matuoklio vizualizacija parodo, kaip matuojama metrika atvaizduoja realaus laiko gautus duomenis. Matavimo skalė suskaidyta į tris matavimo būsenas.

1. 0-50% žalia juosta atitinka 0-10 % ppm matavimo vertės.
2. 0-75% geltona juosta atitinka 10-50 % ppm matavimo vertės.
3. 75-100% raudona juosta atitinka 50-100 % ppm matavimo vertės.

Teršalų koncentracijos ore, matuojama cheminių medžiagų koncentracija cheminės medžiagos masės vienetais (miligramai, mikrogramai, nanogramų arba pikogramų) vienam oro tūriui (kubiniam metrui). Tačiau koncentracijos taip pat gali būti išreikštos milijono dalimis „ppm“ (angl. *Parts per million*) arba milijardo dalimis „ppb“ (angl. *parts per billion*) naudojant konvertavimo koeficientą. Perskaičiavimo koeficientas yra pagrįstas cheminės medžiagos molekuline mase ir yra skiriasi kiekvienai cheminei medžiagai. Taip pat atmosferos temperatūra ir slėgis turi įtakos skaičiavimui. ppm ir ppb dažnai naudojami kaip procentai, tačiau labai mažiems kiekiams. Žodis procentas

pažodžiui reiškia „dalis iš šimto“. Taigi, 1% = 10 000 ppm = 10 000 000 ppb. Dirvožemiui, mg / kg = ppm ir  $\mu\text{g} / \text{kg} = \text{ppb}$ . Visada tai yra pagal svorį. Vandeniui, mg / L = ppm ir  $\mu\text{g} / \text{L} = \text{ppb}$ , jei lyginama pagal svorį. Ore ppm ir ppb visada yra tūrio. Tarp ppm / ppb nėra tiesioginio konvertavimo ir mg / m<sup>3</sup> arba  $\mu\text{g} / \text{m}^3$ ; tai priklausys nuo teršalų tankio ore ir nuo oro temperatūros bei slėgio.

Slenkstinė ribinė vertė - TLV (angl. *threshold limit value*) dar vadinama cheminės medžiagos ribinė vertė, yra įvertinimas, pagrįstas žinomu tam tikros cheminės medžiagos toksiškumu žmonėms ar gyvūnams ir naujausių mėginių ėmimo ir analizės metodų patikimumu ir tikslumu. Tai nėra statiškas apibrėžimas, nes nauji tyrimai dažnai gali pakeisti medžiagų rizikos vertinimą, o nauji laboratoriniai ar instrumentiniai analizės metodai gali pagerinti analitinio aptikimo ribas. TLV yra ACGIH rekomendacija, turinti tik rekomendacinę būseną. Tai neturėtų būti painiojama su norminio poveikio ribinėmis vertėmis, tokiomis, kaip paskelbtos ir įgyvendintos darbuotojų saugos ir sveikatos administracijos (OSHA). Cheminių medžiagų TLV yra apibrėžiamas kaip koncentracija ore, paprastai įkvepiant ar veikiant odą. Jo vienetai yra milijonais dalių (ppm) dujoms ir miligramais kubiniam metrui (mg / m<sup>3</sup>) kietosioms dalelėms, tokioms kaip dulkės, dūmai ir rūkas. Pagrindinė dujų perskaičiavimo tarp ppm ir mg / m<sup>3</sup> formulė yra  $\text{ppm} = (\text{mg} / \text{m}^3) * 24,45 / \text{molekulinė masė}$ . Ši formulė netaikoma ore esančioms dalelėms. Apibrėžti trys cheminių medžiagų TLV tipai:

1. Slenkstinė ribinė vertė - laiko vidurkis (TLV-TWA): vidutinė ekspozicija remiantis 8h per dieną, 40h per savaitę darbo grafiku
2. Ribinė vertė - trumpalaikio poveikio riba (TLV-STEL): 15 minučių TWA ekspozicija, kurios negalima viršyti bet kuriuo darbo metu, net jei 8 valandų TWA yra TLV-TWA ribose.
3. Ribinė vertė - viršutinė riba (TLV-C): absoliuti poveikio riba, kurios jokių būdu negalima viršyti

Yra fizinių veiksnių ir cheminių medžiagų TLV. Fizinių veiksnių TLV apima triukšmo, vibracijos, jonizuojančiosios ir nejonizuojančiosios spinduliuotės bei šilumos ir šalčio streso poveikio vertes.

Pavaizduotame 25 paveiksle kiekvienos dujos turi savo matavimo vertės slenksčius, kuriuos galima nustatyti vizualizavimo platformoje. Kiekvienos dujos turi savo įspėjimą, aliarminį ir TLV lygį, kuriuos galima nustatyti. Numatytasis įspėjimas yra 10% TLV lygio, o numatytasis ribinis įspėjimas - 50%. Šie rodmenys keičiami vizualizavimo platformoje. Pakeitus įspėjimo ar perspėjimo procentą, visos šio modulio dujos bus atnaujintos. Jei benzino TLV lygis keičiamas, įspėjimas ir perspėjimas bus atnaujinami automatiškai pagal procentus. Kuriamo prototipo bazė turi 8 jutiklių lizdus ir juos visus galima užpildyti skirtingų dujų matavimo jutikliais. Tuomet skirtingai pagal skirtingų dujų ppm, vizualizacija atvaizduotų dujų koncentracijos pasikeitimus ore.

Pavadinimas	Įspėjimas	Aliarmas	TLV
	10 %	50 %	100 %
Unknown	ppm	ppm	ppm
Benzene	0.10 ppm	0.50 ppm	1.00 ppm
Ammonia	2.00 ppm	10.00 ppm	20.00 ppm
Xylene	5.00 ppm	25.00 ppm	50.00 ppm
Propane	100.00 ppm	500.00 ppm	1,000.00 ppm
Ethyl acetate	40.00 ppm	200.00 ppm	400.00 ppm
Butyl chloride	2.50 ppm	12.50 ppm	25.00 ppm
Methanol	20.00 ppm	100.00 ppm	200.00 ppm
Methyl tert-butyl ether	4.00 ppm	20.00 ppm	40.00 ppm
Ethyl acrylate	0.50 ppm	2.50 ppm	5.00 ppm
Cyclohexane	30.00 ppm	150.00 ppm	300.00 ppm
Isopropyl alcohol	100.00 ppm	500.00 ppm	1,000.00 ppm
Butanol	5.00 ppm	25.00 ppm	50.00 ppm
Ethylbenzene	10.00 ppm	50.00 ppm	100.00 ppm
Toluene	5.00 ppm	25.00 ppm	50.00 ppm
Tetrahydrothiophene	5.00 ppm	25.00 ppm	50.00 ppm
n-Butyl acetate	15.00 ppm	75.00 ppm	150.00 ppm
Hydrogen sulfide	1.00 ppm	5.00 ppm	10.00 ppm
Butyraldehyde	2.00 ppm	10.00 ppm	20.00 ppm
Chloroform	0.20 ppm	1.00 ppm	2.00 ppm
Dimethyl disulfide	0.05 ppm	0.25 ppm	0.50 ppm
Methane	100.00 ppm	500.00 ppm	1,000.00 ppm
Methylamine	0.50 ppm	2.50 ppm	5.00 ppm
Methylbromide	0.20 ppm	1.00 ppm	2.00 ppm
Propylene oxide	0.20 ppm	1.00 ppm	2.00 ppm
Hexane	5.00 ppm	25.00 ppm	50.00 ppm
Styrene	5.00 ppm	25.00 ppm	50.00 ppm
Ethanol	100.00 ppm	500.00 ppm	1,000.00 ppm
Acetone	50.00 ppm	250.00 ppm	500.00 ppm

25 pav. Matuojamų dujų ppm vertės.

Redaguoti galima visus skaičius, pabrauktus brūkšnine linija 25 paveiksle. Kai aptinkama dujų vertė yra didesnė nei įspėjamosios vertės ppm, „Kibana“ tai atvaizduos tik prietaisų skydelio lentelėse, ar diagramose priklausomai nuo to kaip bus atvaizduojama. Jei bus viršijamas perspėjimo ar TLV lygis, bus pradėtas naujas įvykis arba tęsis žinomas įvykis.

### 3.2.1 Sistemos testavimas laboratorinėmis sąlygomis

Norint išvengti oro taršai nustatyti labai svarbu laiku aptikti taršos šaltinį. Atsižvelgiant į jutiklių tinklo technologijos pranašumus, palyginimui buvo pasirinkta tinklinė oro taršos stebėsenos sistema. Pagrindiniai skirtingų oro taršos stebėjimo sistemų skirtumai yra mazguose ir tinkluose, tokiuose kaip skirtingos jutimo platformos, skirtingos tinklo topologijos, skirtingi ryšio protokolai, laidiniai tinklai ar belaidžiai tinklai. Tinklinės sistemos jutiklių mazgai yra jutimo platformos, kurias visada sudaro mikrovaldiklio valdymo blokas MCU (angl. *micro controller unit*), jutikliai. MCU pagrindu gali būti naudojama ATmega vieno lusto, ARM (išplėstinės RISC mašinos) lustas ir PLC (programuojamo loginio valdiklio) lustas. Ryšio moduliai gali būti RF (radijo dažnio) moduliai ir GPRS moduliai. Skirtingai nuo kuriamo prototipo jutiklių bazė yra nepriklausoma nuo GPRS siųstuvo, kas suteikia lankstumo sistemos montavimui. Kuriamo prototipo sensoriai gali būti sumontuoti nepasiekiamoje vietoje o GPRS siųstuvas gali būti sumontuotas pasiekiamoje vietoje kas suteikia lengvą priėjimą techniniam aptarnavimui.

Sistemos rodmenų sutikslinimui buvo panaudotas gamintojo „Bitas“ konvencinis uždujinimo signalizatoriaus kontrolinis blokas „US-03“ kartu su dujų koncentracijos jutikliu „DKJ-01“ tai sertifikuota gamintojo įranga, turinti Europos direktyvas atitinkančius dujų aptikimo standartus, gaminy. Kontrolinis blokas „US-03“ (pav. 26) yra fizinis signalizatorius turintis šviesdiodinę dujų koncentracijos indikaciją ant savo korpuso.

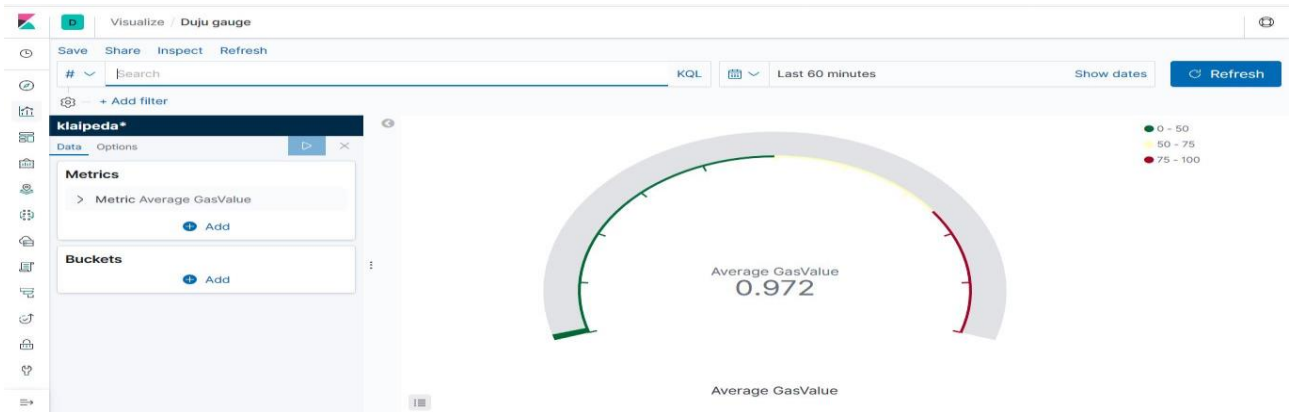


26 pav. Kontrolinis blokas „US-03“ [40]

Kontrolinio bloko šviesdiodinė indikacija susideda iš trejų padėčių, taip pat kaip ir kuriamo prototipo vizualinėje aplinkoje. Pirma padėtis „Norma“ kuri atitinka kuriamo prototipo 0-50% žalią juostą ir atitinka 0-10 % ppm matavimo vertės. Antra kontrolinio bloko padėtis „Dėmesio“ atitinka kuriamo prototipo 0-75% geltoną juostą ir atitinka 10-50 % ppm matavimo vertės. Ir trečia kontrolinio bloko matavimo padėtis „Dujos“ kuri atitinka kuriamo prototipo 75-100% raudoną juostą ir atitinka 50-100 % ppm matavimo vertės.

Sistemų sulyginimui buvo testuojama su plačiai buityje ir pramonėje naudojamomis degiosiomis propano dujomis, ko pasekoje buvo sulyginta kuriamo prototipo matuojamų dujų lygių

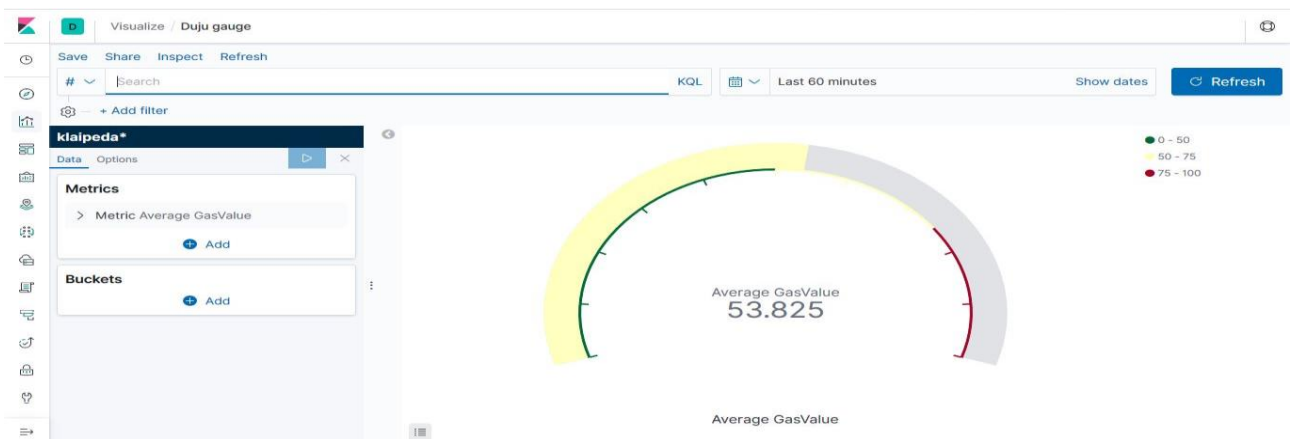
normos. Testavimui pasirinkta laboratorinis standas, ant kurio buvo sudėlioti kuriamos oro taršos sistemos maketo komponentai pavaizduoti (21 pav.) ir etalonu paimta sistema „US-03“ (pav. 26). Pirmą testuojama normali darbinė būsena pavaizduota 27 paveiksle, tai nuo 0 iki 50%, atvaizduojama žalia juosta matavimo skalėje ir tai atitinka 0-10 % ppm matavimo vertės. vidutinės ppm vertės užterštumo matuojamas diapazonas, tai normali darbinė jutiklių būsena ir įprasta oro būsena kuri nesukelia pavojaus žmogaus kvėpavimo takams.



27 pav. Įprasta būsena.

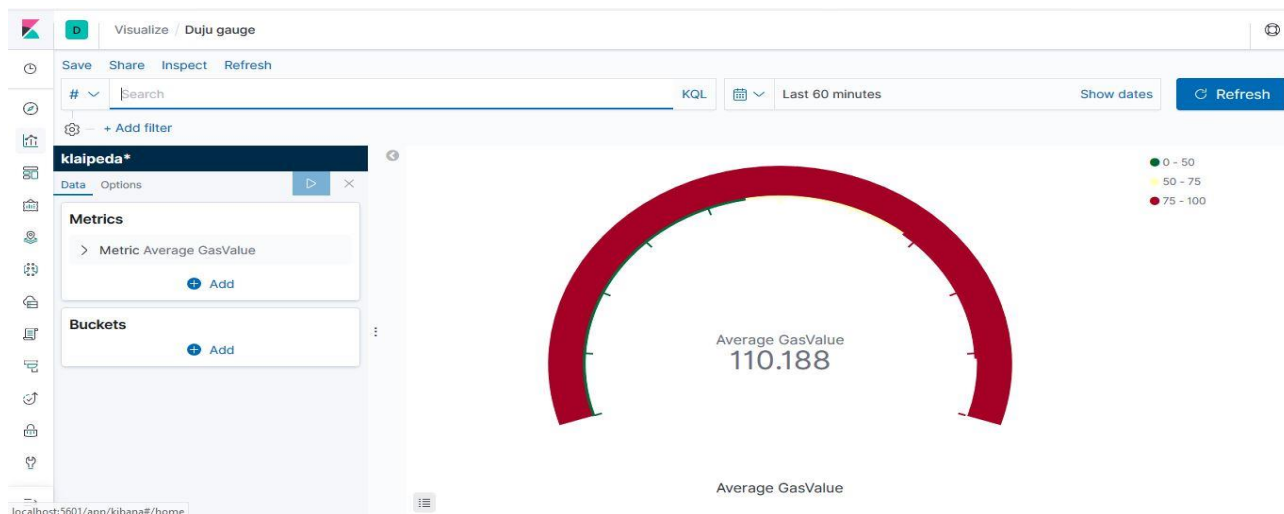
IoT sensoriai neaptinka jokio oro taršos pasikeitimo. Vizualizacijos skalėje tai atvaizduojama žaliu rodmens slankikliu.

Sekanti testuojama būsena kuomet į jutiklius paduodamas momentinis dujų proveržis. Matuojama vertė aptinka oro taršos pasikeitimą ir vizualizacijoje atvaizduojama gelsvos spalvos juosta nuo 50 – 75 %, pavaizduota, 28 paveiksle. Pasikeitusi matavimo vertė matuojama pakitus oro taršai ir ppm vertei viršijus 50% matuojamos vidutinės vertės. Tačiau ši būsena nefiksuoja kaip aliarminė suveikimo būsena, tačiau ji praneša apie staigų oro pokytį, ir tai reiškia, kad verta atkreipti dėmesį į esamą situaciją, ir nustatyti ar tai prieš aliarminę būsena, ar tai tik momentinis oro taršos pasikeitimas.



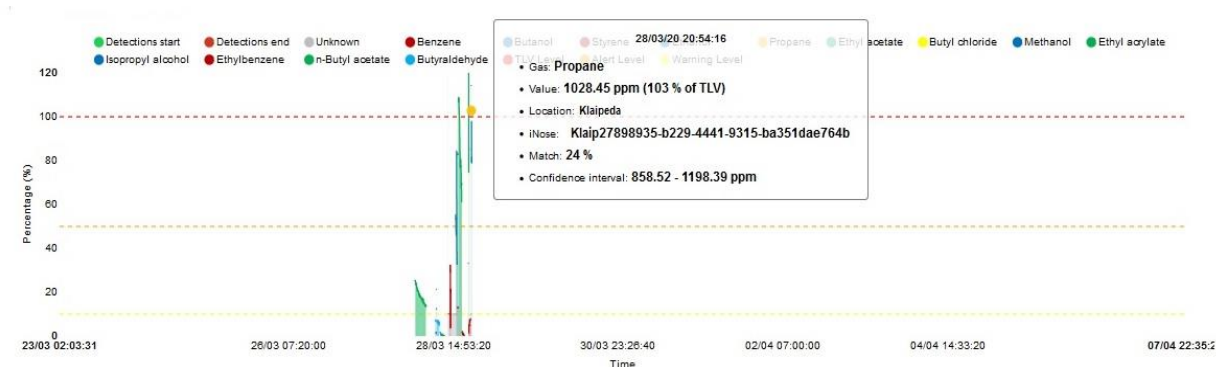
28 pav. Ribinė būsena.

Trečia būsena, tai padidėjusi oro tarša kuomet į jutiklius paduodama didelė dozė propano dujų, šis procesas vizualizacijoje atvaizduojamas raudonos spalvos juosta, 29 paveikslas.



29 pav. Aliarminė būsena.

Ši būsena atvaizduoja oro užterštumą, ir viršytą nustatytą ppm vertę, tad šiuo atveju jau pranašaujamas užterštumo atvejis į kurį reiktų reaguoti pagal nustatytą tvarką.



30 pav. Laiko ataskaita

Atlikus bandymus su propanu (pav. 30) nustatyta kad oro užterštumo vizualizacijos sistema realiu laiku atvaizduoja surinktus duomenis iš IoT platformos, kurie sutampa etalonui naudojamos sistemos „Bitas US-03“ rodmenimis.

### 3.3 Oro taršos sistemos maketo tobulinimo perspektyva

Atlikus eksperimentus, naudojant propano dujas, nustatyta, kad sistema reaguoja į aplinkos taršos pasikeitimą ir atitinka etalonu paimtos sistemos matavimo rezultatus realiu laiku. Įvertinus testavimo rezultatus, galima teigti, kad sukurtas oro taršos sistemos maketas atitinka esamas sistemas ir duomenų paieškos variklis susidoroja su dideliais duomenų kiekiais. Tačiau žvelgiant į

perspektyvą, reikalingi atlikti tyrimai su didesniu IoT jutiklių kiekiu, ir ištirti sistemos stabilumą naudojant keletą jutiklių bazių, padengiant teritoriją realiomis salygomis. Taip pat šią oro taršos sistemos platformą būtų galima numatyti miestų, pramoninių rajonų ar kt. oro taršos stebėsenai, numačius didesnę kiekį jutiklių ir išdėsčius juos skirtingose teritorijos vietose. Žvelgiant į perspektyvą numatoma, kad sistema galėtų aptikti daugiau stebiamų oro teršalų tokių kaip kietosios dalelės, ir kt. Numatyti periodinį jutiklių kalibravimą. Bus siekiama plėtoti šią sistemą iki aukštesnio lygio gaminio su priimtina vartotojo sąsaja, papildant vizualiąją sistemos dalį teritoriniais žemėlapiais ir tiksliais jutiklių vietomis.

## IŠVADOS

1. Atlikus literatūros analizę nustatyta, su kokiomis problemomis ir iššūkiais susiduriama įgyvendinant oro taršos sistemas, paaiškėjo kokie naudojami oro taršos aptikimo bei vizualizavimo metodai ir kokios IoT platformos tinka oro užterštumo jutiklių duomenim perduoti į serverius.
2. Buvo sudaryti funkciniai ir nefunkciniai reikalavimai pagal kuriuos sudarytas oro taršos sistemos modelis ir architektūra, parinkti sistemos komponentai ir programinė įranga.
3. Įgyvendintas oro taršos sistemos maketas, išbandytas jo veiksmingumas laboratorinėmis sąlygomis. Kuriama sistema atitinka funkcines ir nefunkcines sąlygas. Matavimo parametrai atitinka etalonu paimtą sistemą. Buvo suformuluotos perspektyvos oro taršos sistemos tobulinimui.

## LITERATŪRA

1. A. Srivastava and D. Som, "Hazardous air pollutants in industrial area of Mumbai - India," *Chemosphere*, vol. 69, no. 3, pp. 02–10, 2007.
2. A. Čolaković and M. Hadžialić, "Internet of Things (IoT): A review of enabling technologies, challenges, and open research issues," *Comput. Networks*, vol. 144, pp. 17–39, 2018.
3. C. P. Wei, Y. H. Lee, and C. M. Hsu, "Empirical comparison of fast partitioning-based clustering algorithms for large data sets," *Expert Syst. Appl.*, vol. 24, no. 4, pp. 351–363, 2003.
4. "Cisco: Enterprises Are Leading The Internet of Things Innovation" 2019. [Tinkle]. Pasiėkiame: [https://www.huffpost.com/entry/cisco-enterprises-are-leading-the-internet-of-things\\_b\\_59a41fcee4b0a62d0987b0c6?guccounter=1&guce\\_referrer=aHR0cHM6Ly93d3cuZ29vZ2xllmNvbS8&guce\\_referrer\\_sig=AQAAAM-cnCQnLhcsXyqqu41gOmtNM05mQA7JmoNXpc8l1dmDD6dTorFC4Zd0GSEYo8FIURhbuvvYeVmuAek-mPmvF8mjmuCVv1qFtAMCYEFkjQZvN3PXR5mg3gFVHb77MQvh-mZcClSZRJYEiKseMibR50IjbKus4ZXDkMsPVP1Zpp\\_q](https://www.huffpost.com/entry/cisco-enterprises-are-leading-the-internet-of-things_b_59a41fcee4b0a62d0987b0c6?guccounter=1&guce_referrer=aHR0cHM6Ly93d3cuZ29vZ2xllmNvbS8&guce_referrer_sig=AQAAAM-cnCQnLhcsXyqqu41gOmtNM05mQA7JmoNXpc8l1dmDD6dTorFC4Zd0GSEYo8FIURhbuvvYeVmuAek-mPmvF8mjmuCVv1qFtAMCYEFkjQZvN3PXR5mg3gFVHb77MQvh-mZcClSZRJYEiKseMibR50IjbKus4ZXDkMsPVP1Zpp_q) [žiūrėta: 20200312]..
5. "Mc Kinsey & Company" 2019. [Tinkle]. Pasiėkama: <https://www.mckinsey.com/industries/private-equity-and-principal-investors/our-insights/growing-opportunities-in-the-internet-of-things> [žiūrėta: 20200312]..
6. A. R. Honarvar and A. Sami, "Towards Sustainable Smart City by Particulate Matter Prediction Using Urban Big Data, Excluding Expensive Air Pollution Infrastructures," *Big Data Res.*, vol. 17, pp. 56–65, 2019.
7. S. Kaivonen and E. C. H. Ngai, "Real-time air pollution monitoring with sensors on city bus," *Digit. Commun. Networks*, vol. 6, no. 1, pp. 23–30, 2020.
8. A. H. Alavi, P. Jiao, W. G. Buttlar, and N. Lajnef, "Internet of Things-enabled smart cities: State-of-the-art and future trends," *Meas. J. Int. Meas. Confed.*, vol. 129, no. December 2017, pp. 589–606, 2018.
9. C. Lim, K. J. Kim, and P. P. Maglio, "Smart cities with big data: Reference models, challenges, and considerations," *Cities*, vol. 82, no. February, pp. 86–99, 2018.
10. D. Grimaldi and V. Fernandez, "Performance of an internet of things project in the public sector: The case of Nice smart city," *J. High Technol. Manag. Res.*, vol. 30, no. 1, pp. 27–39, 2019.
11. B. N. Silva, M. Khan, and K. Han, "Towards sustainable smart cities: A review of trends,

- architectures, components, and open challenges in smart cities,” *Sustain. Cities Soc.*, vol. 38, no. February, pp. 697–713, 2018.
12. C. Chilipirea, A. C. Petre, L. M. Groza, C. Dobre, and F. Pop, “An integrated architecture for future studies in data processing for smart cities,” *Microprocess. Microsyst.*, vol. 52, pp. 335–342, 2017.
  13. S. M. Cabaneros, J. K. Calautit, and B. R. Hughes, “A review of artificial neural network models for ambient air pollution prediction,” *Environ. Model. Softw.*, vol. 119, no. June 2018, pp. 285–304, 2019.
  14. Y. Han, B. Park, and J. Jeong, “A novel architecture of air pollution measurement platform using 5G and blockchain for industrial IoT applications,” *Procedia Comput. Sci.*, vol. 155, no. 2018, pp. 728–733, 2019.
  15. “World health organization” 2020. [Tinkle]. Pasiekiamo: <https://www.who.int/airpollution/infographics/en/> [žiūrėta: 20200311].
  16. J. Fan *et al.*, “Evaluating the effect of air pollution on global and diffuse solar radiation prediction using support vector machine modeling based on sunshine duration and air temperature,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 94, no. July, pp. 732–747, 2018.
  17. X. Liu *et al.*, “Integration of air pollution data collected by mobile measurement to derive a preliminary spatiotemporal air pollution profile from two neighboring German-Czech border villages,” *Sci. Total Environ.*, vol. 722, 2020.
  18. S. N. SM, P. Reddy Yasa, N. MV, S. Khadirnaikar, and Pooja Rani, “Mobile monitoring of air pollution using low cost sensors to visualize spatio-temporal variation of pollutants at urban hotspots,” *Sustain. Cities Soc.*, vol. 44, no. October 2018, pp. 520–535, 2019.
  19. Rubal and D. Kumar, “Evolving Differential evolution method with random forest for prediction of Air Pollution,” *Procedia Comput. Sci.*, vol. 132, pp. 824–833, 2018.
  20. W. C. Leong, R. O. Kelani, and Z. Ahmad, “Prediction of air pollution index (API) using support vector machine (SVM),” *J. Environ. Chem. Eng.*, no. January, p. 103208, 2019.
  21. F. F. Ye, L. H. Yang, Y. M. Wang, and L. Chen, “An environmental pollution management method based on extended belief rule base and data envelopment analysis under interval uncertainty,” *Comput. Ind. Eng.*, vol. 144, no. July 2019, p. 106454, 2020.
  22. J. Arora, U. Pandya, S. Shah, and N. Doshi, “Survey- Pollution monitoring using IoT,” *Procedia Comput. Sci.*, vol. 155, no. 2018, pp. 710–715, 2019.
  23. Y. N. Malek *et al.*, “On the use of IoT and Big Data Technologies for Real-time Monitoring and Data Processing,” *Procedia Comput. Sci.*, vol. 113, pp. 429–434, 2017.
  24. P. S. Maciąg, N. Kasabov, M. Kryszkiewicz, and R. Bembenik, “Air pollution prediction

- with clustering-based ensemble of evolving spiking neural networks and a case study for London area,” *Environ. Model. Softw.*, vol. 118, no. May, pp. 262–280, 2019.
25. C. T. Yang, C. J. Chen, Y. T. Tsan, P. Y. Liu, Y. W. Chan, and W. C. Chan, “An implementation of real-time air quality and influenza-like illness data storage and processing platform,” *Comput. Human Behav.*, vol. 100, no. October 2018, pp. 266–274, 2019.
  26. K. Guo, P. Yang, D. H. Guo, and Y. Liu, “Gas Leakage Monitoring with Mobile Wireless Sensor Networks,” *Procedia Comput. Sci.*, vol. 154, pp. 430–438, 2018.
  27. M. Y. Aalsalem, W. Z. Khan, W. Gharibi, M. K. Khan, and Q. Arshad, “Wireless Sensor Networks in oil and gas industry: Recent advances, taxonomy, requirements, and open challenges,” *J. Netw. Comput. Appl.*, vol. 113, no. April, pp. 87–97, 2018.
  28. A. Somov, A. Baranov, A. Savkin, D. Spirjakin, A. Spirjakin, and R. Passerone, “Development of wireless sensor network for combustible gas monitoring,” *Sensors Actuators, A Phys.*, vol. 171, no. 2, pp. 398–405, 2011.
  29. “KAA project” 2019 [Tinkle]. Pasičkiamaa: <https://www.kaaproject.org/what-is-iot-platform> [žiūrėta: 2020028].
  30. I. Essiet, Y. Sun, and Z. Wang, “Big data analysis for gas sensor using convolutional neural network and ensemble of evolutionary algorithms,” *Procedia Manuf.*, vol. 35, pp. 629–634, 2019.
  31. “Predictive analytics today” 2019. [Tinkle]. Pasičkiamaa: <https://www.predictiveanalyticstoday.com/what-is-predictive-analytics/#content-anchor> [žiūrėta: 20200524].
  32. X. Yao, J. Wang, M. Shen, H. Kong, and H. Ning, “An improved clustering algorithm and its application in IoT data analysis,” *Comput. Networks*, vol. 159, pp. 63–72, 2019.
  33. J. Lázaro, J. Arias, J. L. Martín, C. Cuadrado, and A. Astarloa, “Implementation of a modified Fuzzy C-Means clustering algorithm for real-time applications,” *Microprocess. Microsyst.*, vol. 29, no. 8–9, pp. 375–380, 2005.
  34. Y. Aboubi, H. Drias, and N. Kamel, “BAT-CLARA: BAT-inspired algorithm for Clustering LARge Applications” *IFAC-PapersOnLine*, vol. 49, no. 12, pp. 243–248, 2016.
  35. “Clara in R” 2019. [Tinkle]. Pasičkiamaa: <https://www.datanovia.com/en/lessons/clara-in-r-clustering-large-applications/> [žiūrėta: 2020036].
  36. S. S. Yu, S. W. Chu, C. M. Wang, Y. K. Chan, and T. C. Chang, “Two improved k-means algorithms,” *Appl. Soft Comput. J.*, vol. 68, pp. 747–755, 2018.

37. “Towards data science” 2019. [Tinkle]. Pasiukiama:  
<https://towardsdatascience.com/understanding-k-means-clustering-in-machine-learning-6a6e67336aa1> [žiurėta: 20200328].
38. H. Aftab, K. Gilani, J. E. Lee, L. Nkenyereye, S. M. Jeong, and J. S. Song, “Analysis of identifiers on IoT platforms” *Digit. Commun. Networks*, no. May, 2019.
39. “Gateworks” 2020 [Tinkle]. Pasiukiama: <https://www.gateworks.com/products/> [žiurėta: 20200224].
40. “Bitas”, 2020 [Tinkle]. Pasiukiama: <http://bitasub.lt/> [žiurėta: 20200504].
41. Niska, H., Hiltunen, T., Karppinen, A., Ruuskanen, J., Kolehmainen, M., „Evolving the Neural Network Model for Forecasting Air Pollution Time Series“ *Engineering Applications Of Artificial Intelligence*. vol. 17. 2018 pp. 159-167.
42. Siwek, K., Osowski, S., „Improving the Accuracy of Prediction of Pm10 Pollution by the Wavelet Transformation and an Ensemble of Neural Predictors“. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*. vol. 25. pp. 1246–1258.
43. Zhiwei Yan, Ning Kong, Ye Tian, Yong-Jin Park, „A universal object name resolution scheme for IoT, in: Green Computing and Communications (GreenCom)“, IEEE and Internet of Things (iThings/CPSCom), IEEE International Conference on and IEEE Cyber, 2013, pp. 1120–1124.
44. J. La’zaro, J. Arias, J.L. Marti’n, C. Cuadrado, „Modified Fuzzy Cmeans clustering Algorithm for real-time applications“, *Lectures Notes on Computer Science 2778* (2017) pp. 1087–1090.
45. H. Wang , H. Peng , „A clustering algorithm based on entropy“, *Comput. Sci.* 34 (11) (2007) pp. 178–180
46. A. Rizzardi , S. Sicari , D. Miorandi , A. Coen-Porisini , „AUPS: an Open Source AUthenticated Publish“, *Subscribe system for the Internet of Things, Inf. Syst.* (2016) 29–41 , pp. 191–196 .
47. „World Health Organization, Ambient air pollution: a global assessment of exposure and burden of disease“, 2020 [Tinkle]. Pasiukiama:  
<http://www.who.int/airpollution/ambient/health-impacts/en/> [žiurėta: 20200304].
48. „European Commission, Air quality“, 2020 [Tinkle]. Pasiukiama:  
<http://ec.europa.eu/environment/air/quality/index.html> [žiurėta: 20200304].
49. „Central pollution control board, Ministry of environment and forests average report criteria“, 2020 [Tinkle]. Pasiukiama: <http://www.cpcb.gov.in/CAAQM/frmUserAvgReportCriteria.aspx> [žiurėta: 20200403].

50. Jianjun He, Sunling Gong, Ye Yu, Congbo Song and Hongjun Mao, “Air pollution characteristics and their relation to meteorological conditions during 2014-2015 in major chinese cities,” *Elsevier Environmental Pollution*, pp. 1-13, 2017

## SANTRAUKA

Šiuo metu žmonija patiria technologinį šuolį, kuris, kaip tikimasi, pakeis daugelį jau esamų pasenusių sistemų. Daiktų internetas IoT, ir pažangi interneto tinklų įrenginių aplinka duomenų surinkimui, yra perspektyvi mokslinių tyrimų sritis. Plačiai naudojamas IoT ir didžiųjų duomenų rinkimą galima pritaikyti oro taršos sistemose.

Darbe apžvelgta esamos oro taršos sistemos, ir su kokiomis problemomis susiduriama jas įgyvendinant. Apžvelgta kokia naudojama įranga taršai nustatyti. Parinktas duomenų surinkimo variklis ir parašytas skriptas surinktiems duomenims nukreipti į duomenų surinkimo sistemą, paruošiant juos vizualiam atvaizdavimui. Sukurta oro taršos duomenų surinkimo ir vizualizavimo sistema. Atlikta verifikacija ir bandymai parodė kad sistema tinkama naudojimui.

.....

PAGRINDINIAI ŽODŽIAI: IoT, Sensor, Cloud.

## SUMMARY

Mankind is currently experiencing a technological leap that is expected to replace the most popular existing obsolete systems. The Internet of Things (IoT) and the most advanced data collection plan for the Internet networking environment are areas for promising research. A widely popular set of IoT and large data that can be applied to air pollution systems.

In this work, we examine the existing air pollution systems and what problems we face when implementing them. An overview of equipment that is used to detect pollution is made. A data collection engine is selected and a script is written for the data collection system to prepare them for visual display. After verifications and tests were made we came to a conclusion that the system works properly and can be used.

.....




**KEYWORDS:** IoT, Sensor, Cloud.

# PRIEDAI

## 1.1. Jutiklių sertifikatas

		
<hr style="border: 1px solid black;"/>		
<h2>PRODUCT CONFORMITY CERTIFICATE</h2>		
<p>This is to certify that the</p> <p><b><i>SPS30 Particulate Matter Sensor</i></b></p> <p>Manufactured by:</p> <p><b>SENSIRION AG</b> 4F, Building 2, No. 800 Jiuxin Highway Jiuting Town Songjiang District SHANGHAI 201615 China</p> <p>has been assessed by Sira Certification Service and for the conditions stated on this certificate complies with:</p> <p><b>MCERTS Performance Standards for Indicative Ambient Particulate Monitors, Version 4 dated August 2017</b></p> <p>Certification Range :</p> <p><b>PM<sub>2.5</sub>      0 - 75µg/m<sup>3</sup></b></p>		
<p>Project No.:                    80010887 Certificate No.:                Sira MC20035000 Initial Certification:         08 January 2020 This Certificate issued:      08 January 2020 Renewal Date:                07 January 2025</p>		<p>Holly Blincow Environmental Project Engineer</p>
<p>MCERTS is operated on behalf of the Environment Agency by</p> <hr style="border: 1px solid black;"/> <p><b>Sira Certification Service</b> Unit 8, Howarden Industrial Park Howarden, Deeside, CH5 3US Tel: +44 (0)1244 870 900</p>		
	<p><small>The MCERTS certificate consists of this document in its entirety. For conditions of use, please consider all the information within. This certificate may only be reproduced in its entirety and without change. To authenticate the validity of this certificate please visit <a href="http://www.csagroupuk.org/mcerts">www.csagroupuk.org/mcerts</a></small></p>	
<p>Form 1006 Issue 8</p>	<p>Page 1 of 4</p>	

## 1.2. Jutiklių sertifikatas

		
<hr style="border: 1px solid black;"/>		
<b>Certificate Contents</b>		
Approved Site Application.....		2
Basis of Certification.....		2
Product Certified.....		2
Certified Performance.....		3
Description.....		4
General Notes.....		4
<b>Approved Site Application</b>		
<p><i>Any potential user should ensure, in consultation with the manufacturer, that the monitoring system is suitable for the intended application. For general guidance on monitoring techniques refer to the Environment Agency Monitoring Technical Guidance Notes available at <a href="http://www.mcerts.net">www.mcerts.net</a></i></p>		
<p>The indicative dust monitoring analyser(s) can be operated in one of two ways:</p>		
<p><u>For qualitative measurements:</u> Providing qualitative measurement data for the analysis of particulate pollution trends, and source identification studies based for example on pollution roses etc. Such application can rely on instrument factory calibration only.</p>		
<p><u>For quantitative measurements:</u> Providing measurement data with the uncertainty defined for indicative instruments (<math>\pm 50\%</math>), as specified by the Air Quality Directive (2008). This can be achieved on condition that each instrument used for measurement has been calibrated on the specific site where monitoring is taking place against a standard reference method for a period of two weeks and the resulting slope and intercept have been used for instrument calibration. Using non-standard filters and procedures for this purpose is not acceptable. To maintain the validity of data this calibration has to be repeated at least every twelve months or when the instrument is moved to a different site. Consistent results of the calibration may lead to less frequent repetition of the calibration process, in agreement with a competent authority, such as the Environment Agency or other Environmental regulator.</p>		
<p>They cannot be used as a substitute for continuous ambient air quality monitoring systems (CAMs) employed in national air quality monitoring networks for the EU Air Quality Directive</p>		
<b>Basis of Certification</b>		
<p>This certification is based on the following Test Report(s) and on Sira's assessment and ongoing surveillance of the product and the manufacturing process:</p>		
<p>MCERTS Report 80010867 dated 25/11/2019</p>		
<b>Product Certified</b>		
<p>The measuring system consists of the following parts:</p>		
<ul style="list-style-type: none"><li>• SPS30 Particulate Matter Sensor</li></ul>		
<p>This certificate applies to all instruments fitted with firmware version 1.0 and manufactured date 28/11/2019 onwards.</p>		
Certificate No :	Sira MC20035000	
This Certificate issued :	08 January 2020	
<p><small>This certificate may only be reproduced in its entirety and without change To authenticate the validity of this certificate please visit <a href="http://www.csagroupuk.org/mcerts">www.csagroupuk.org/mcerts</a></small></p>		
<p>Page 2 of 4</p>		

1.3. Jutiklių sertifikatas



**Certified Performance**

Test	Result	MCERTS specification
Consistency of the sample volumetric flow	Pass	Remain constant within $\pm 3\%$ of rated value
Tightness of the sampling system	Pass	Leakage not to exceed 2% of sampled volume
Intra-instrument uncertainty for the reference method	1.73 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\leq 5\mu\text{g}/\text{m}^3$
Intra-instrument uncertainty for the candidate method	All data (125) $\geq 18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ $\leq 18 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$\leq 5\mu\text{g}/\text{m}^3$
Highest resulting uncertainty estimate comparison against data quality objective (Measurement Uncertainty)	8.9%	WCMs/Wdqs Measured uncertainty defined as 50% for Indicative instruments
Maintenance Interval	>Two weeks Note 1	>Two weeks

Note 1: No maintenance was required over the 4 month field trial in an urban location

Certificate No : Sire MC200350/00  
This Certificate issued : 08 January 2020

This certificate may only be reproduced in its entirety and without change  
To authenticate the validity of this certificate please visit [www.csa-group.co.uk/org/mcerts](http://www.csa-group.co.uk/org/mcerts)

## 1.4. Jutiklių sertifikatas



### Description

The SPS30 Particulate Matter Sensor uses a focused laser beam to illuminate the incoming sample air, which is controlled by a fan. The light scattered by particles in the air stream is collected on a photodiode that converts the light intensity into an electrical signal. Using proprietary algorithms, the SPS30 Particulate Matter Sensor converts the electrical signal into various mass and number concentration outputs, even with a small sample airflow (due to the miniaturized design) and a short measurement time. The monitoring system uses unique contamination resistance technology to keep the optics clean and maintenance-free throughout its lifetime.

### General Notes

1. This certificate is based upon the equipment tested. The Manufacturer is responsible for ensuring that on-going production complies with the standard(s) and performance criteria defined in this Certificate. The Manufacturer is required to maintain an approved quality management system controlling the manufacture of the certified product. Both the product and the quality management system shall be subject to regular surveillance according to 'Regulations Applicable to the Holders of Sira Certificates'.
2. The design of the product certified is defined in the Sira Design Schedule V00 for certificate No. Sira MC20350/00
3. If certified product is found not to comply, Sira Certification Service should be notified immediately at the address shown on this certificate.
3. The Certification Marks that can be applied to the product or used in publicity material are defined in 'Regulations Applicable to the Holders of Sira Certificates'.
4. This document remains the property of Sira and shall be returned when requested by the company.

Certificate No : Sira MC200350/00  
This Certificate issued : 08 January 2020

*This certificate may only be reproduced in its entirety and without change  
To authenticate the validity of this certificate please visit [www.csagroupuk.org/mcerts](http://www.csagroupuk.org/mcerts)*