



VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

TRANSPORTO INŽINERIJOS FAKULTETAS

AUTOMOBILIŲ INŽINERIJOS KATEDRA

Gytis Balčiūnas

**TURBOKOMPRESORIŲ REMONTO BARO TECHNINĖS PRIEŽIŪROS IR
REMONTO PROCESO EFEKTYVUMO TYRIMAS**

**RESEARCH OF THE EFFICIENCY OF THE MAINTENANCE AND REPAIR
PROCESS OF THE TURBOCHARGER REPAIR SUBDIVISION**

Baigiamasis magistro darbas

Transporto inžinerijos studijų programa, valstybinis kodas 6211EX058

Transporto inžinerijos vadybos specializacija

Transporto inžinerijos studijų kryptis

Vilnius, 2021

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

TRANSPORTO INŽINERIJOS FAKULTETAS

AUTOMOBILIŲ INŽINERIJOS KATEDRA

TVIRTINU
Katedros vedėjas

(Parašas)
Saugirdas Pukalskas

(Vardas, pavardė)

(Data)

Gytis Balčiūnas

**TURBOKOMPRESORIŲ REMONTO BARO TECHNINĖS PRIEŽIŪROS IR
REMONTO PROCESO EFEKTYVUMO TYRIMAS**

**RESEARCH OF THE EFFICIENCY OF THE MAINTENANCE AND REPAIR
PROCESS OF THE TURBOCHARGER REPAIR SUBDIVISION**

Baigiamasis magistro darbas

Transporto inžinerijos studijų programa, valstybinis kodas 6211EX058

Transporto inžinerijos vadybos specializacija

Transporto inžinerijos studijų kryptis

Vadovas

doc. dr. Giedrius Garbinčius

(Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas,
pavardė)

(Parašas)

(Data)

Lietuvių kalbos konsultantė

lek. Angelika Petrėtienė

(Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas,
pavardė)

(Parašas)

(Data)

Konsultantas

prof. habil. dr. Henrikas
Sivilevičius

(Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas,
pavardė)

(Parašas)

(Data)

Vilnius, 2021

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS
TRANSPORTO INŽINERIJOS FAKULTETAS
AUTOMOBILIŲ INŽINERIJOS KATEDRA

Sausumos transporto inžinerijos studijų kryptis

Transporto inžinerijos studijų programa, valstybinis kodas 6211EX058

Transporto inžinerijos vadybos specializacija

TVIRTINU

Katedros vedėjas

(Parašas)

Saugirdas Pukalskas

(Vardas, pavardė)

2020-04-29

(Data)

**BAIGIAMOJO MAGISTRO DARBO
UŽDUOTIS**

2020 m. 04 29 d. Nr. 01

Vilnius

Studentui (ei) Gytis Balčiūnas.....
(Vardas, pavardė)

Baigiamojo darbo tema: *Turbokompresorių remonto baro techninės priežiūros ir remonto proceso efektyvumo tyrimas*

patvirtinta 2020 m. 04 mėn. 29 d. dekanų potvarkiu Nr. 140ti.

Baigiamojo darbo užbaigimo terminas 2021 m. gegužės mėn. 14 d.

BAIGIAMOJO DARBO UŽDUOTIS:

Įvairios literatūros bei mokslinių straipsnių, nagrinėjančių techninės priežiūros ir remonto proceso efektyvumą apžvalga, analizė, apibendrinimas. Techninės priežiūros ir remonto proceso efektyvumo tyrimo metodų apžvalga ir analizė. Turbokompresorių techninės priežiūros ir remonto proceso efektyvumo tyrimai ir jų rezultatų analizė. Baigiamojo darbo galutinės išvados ir pasiūlymai.

Baigiamojo darbo rengimo konsultantai:

.....
.....
.....
(Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė)

Vadovas

.....
(Paraša)

doc. dr. Giedrius Garbinčius.....

Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė)

Užduotį gavau

.....
(Parašas)

Gytis Balčiūnas

(Vardas, pavardė)

2020-04-29

(Data)

Vilniaus Gedimino technikos universitetas
Transporto inžinerijos fakultetas
Automobilių inžinerijos katedra

ISBN ISSN
Egz. sk.
Data-.....-.....

Antrosios pakopos studijų **Transporto inžinerijos** programos magistro baigiamasis darbas

Pavadinimas **Turbokompresorių remonto baro techninės priežiūros ir remonto proceso efektyvumo tyrimas**

Autorius Gytis Balčiūnas

Vadovas Giedrius Garbinčius

Kalba: lietuvių

Anotacija

Baigiamajame magistro darbe analizuojamos turbokompresorių techninės priežiūros ir remonto efektyvumo priežastys. Darbe supažindinama su turbokompresoriaus sudėtimi, veikimu bei paskirtimi. Analizuojami dažniausi gedimai ir priežastys. Apžvelgta kitų autorių literatūra. Atliktas daugiakriterinių sprendimų metodų taikymas nustatant veiksnius, nulemiančius techninės priežiūros ir remonto efektyvumą. Tyrimui atlikti taikomas lyginamosios analizės metodas. Analizuojami didžiausią įtaką turbokompresoriaus techninės priežiūros ir remonto efektyvumui darantys veiksniai. Remiantis moksliniais darbais nustatyti pasiūlymai remonto efektyvumui gerinti.

Darbą sudaro 7 dalys: įvadas, mokslo darbų analizė, metodika, tyrimas, siūlymai ir išvados, literatūros sąrašas. Darbo apimtis – 102 p. teksto be priedų, 41 iliustr., 38 lent., 31 bibliografiniai šaltiniai. Atskirai pridedami darbo priedai.

Prasminiai žodžiai: Efektyvumas, turbokompresorius, remontas, AHP, ARTIW, procesas, lean, techninė priežiūra, remonto baras, tyrimas.

Vilnius Gediminas Technical University
Faculty of Transport Engineering
Faculty of transport engineering

ISBN ISSN
Copies No.
Date-.....-.....

Master Degree Studies **Transport Engineering** study programme Master Graduation Thesis
Title **Research of the efficiency of the maintenance and repair process of the turbocharger repair subdivision**
Author **Gytis Balčiūnas**
Academic supervisor **Giedrius Garbinčius**

Thesis language: Lithuanian

Annotation

The factors of efficiency of maintenance and repair of turbochargers were analyzed in this master thesis. The paper describes the structure of the turbocharger, its operations, and its purpose. In addition to this, the most common failures are defined and the reasons for their occurrence. For this purpose, other authors' articles and research papers were reviewed and presented. The multicriteria decision methods were applied to determine the factors that impact the maintenance and repair of turbochargers. Therefore, the research is based on the comparative analysis method, which enables identifying characteristics, which have the most significant impact on the efficiency of the maintenance and repair of turbochargers. After determining those factors, the suggestions, which can help improve the efficiency of repair and maintenance of turbochargers, were proposed based on academic literature and articles. This master thesis will be structured as follows. The introduction part will be followed by the theoretical part describing the main concepts prevalent in the respective field of research and scientific literature. Then, the arguments for the chosen research approach and the method will be presented in the methodology part. The empirical findings will be introduced in the research section, and the proposed measures will be defined. Finally, before the list of references, the conclusions will be presented.

This thesis consists of 102 pages without appendices, 41 figures, 38 tables, 31 references. The appendices are attached additionally.

Keywords: Efficiency, turbocharger, repair, AHP, ARTIW, process, lean, maintenance, repair bar, research.

TURINYS

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS	8
LENTELIŲ SĄRAŠAS	10
SANTRUMPŲ IR TERMINŲ SĄRAŠAS	12
ĮVADAS	13
1. MOKSLO DARBŲ, SKIRTŲ TRANSPORTO REMONTO EFEKTYVUMUI GERINTI, ANALIZĖ	15
1.1 Turbokompresoriaus sudėtis ir paskirtis	15
1.2 Veiklos efektyvumo samprata	16
1.3 Veiklos efektyvumą apibūdinantys finansiniai rodikliai	18
1.4 Santykinių finansinių rodiklių analizė	19
1.5 Veiksniai, lemiantys darbo efektyvumą	20
1.5.1 Nerimas darbe	23
1.5.2 Remonto baro darbo vietos įrengimas	25
1.6 „Lean“ sistemos efektyvumas įmonei	27
1.6.1 „Lean 5S“ vizualus valdymas	28
1.6.2 „Lean Gemba“ proceso stebėjimas bei vertinimas	29
1.6.3 „Lean“ Kaizen Teian nuolatinis tobulėjimas	30
1.7 Atitikties normoms svarba	31
1.8 Turbokompresorių gedimų priežasčių ir pasekmių tyrimai	32
1.8 Turbokompresorių techninės patikros sistemų procesai	33
1.8.1 Priežiūra ir remontas pagal dirbtą laiką	33
1.8.2 Turbokompresoriaus priežiūra ir remontas pagal techninę būklę	34
2. METODIKA	36
3. TURBOKOMPRESORIŲ TECHNINĖS PRIEŽIŪROS IR REMONTO EFEKTYVUMO TYRIMAS	42
3.1 Tyrimo struktūra	42
3.2 Anketos struktūra	44
3.3 Grupės ekspertų, veiksmų grupių reikšmingumų nuomonių suderinamumas, taikant ARTIW metodą	45
3.3.1 Ekspertų nuomonė apie veiksmų grupių reikšmingumą, taikant AHP metodą	48

3.3.2	Ekspertų veiksmų grupių reikšmingumo, nuomonių suderinamumas.....	53
3.4	Grupės ekspertų, remontą atliekančios įmonės personalas, nuomonių suderinamumas, taikant ARTIW metodą.....	55
3.4.1	Ekspertų nuomonė apie remontą atliekančios įmonės personalas, reikšmingumą, taikant AHP metodą.....	58
3.4.2	Remontą atliekančios įmonės personalas, nuomonių suderinamumas	62
3.5	Grupės ekspertų, remontą atliekančios įmonės parametrai, nuomonių suderinamumas, taikant ARTIW metodą.....	64
3.5.1	Ekspertų nuomonė apie remontą atliekančios įmonės personalas, reikšmingumą, taikant AHP metodą.....	68
3.5.2	Remontą atliekančios įmonės parametrai, nuomonių suderinamumas.....	71
3.6	Grupės ekspertų, remonto įrankiai, įrenginiai, nuomonės suderinamumas, taikant ARTIW metodą.....	73
3.6.1	Ekspertų nuomonė apie remonto įrankiai, įrenginiai, reikšmingumą, taikant AHP metodą.....	76
3.6.2	Remontą atliekančios įmonės parametrai, nuomonių suderinamumas.....	80
3.7	Grupės ekspertų, darbo vietų savybės, nuomonių suderinamumas, taikant ARTIW metodą.....	82
3.7.1	Ekspertų nuomonė apie darbo vietų savybių reikšmingumą, taikant AHP metodą	86
3.7.2	Darbo vietų savybės, nuomonių suderinamumas	89
4.	SPRENDINIAI IR SIŪLYMAI TURBOKOMPRESORIAUS TECHNINĖS PRIEŽIŪROS IR REMONTO EFEKTYVUMUI DIDINTI	91
	IŠVADOS.....	98
	LITERATŪROS SĄRAŠAS.....	100
	PRIEDAI	102

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

1 pav. Turbokompresoriaus sudėtis	15
2 pav. Efektyvumo tipai	17
3 pav. Žmogaus fizinis pajėgumas	23
4 pav. Žmogaus psichinis pajėgumas	23
5 pav. Nerimo darbe veiksniai	24
6 pav.. Neplanuotų sustojimų skaičius atliekant remonto darbus per metus	26
7 pav. 5s metodo žingsniai	28
8 pav. 5s metodo žingsniai	28
9 pav. Gemba problemos paieška, sprendimas	29
10 pav. Darbo analizavimas bei pasiūlymo pateikimas	30
11 pav. Pažeista turbokompresoriaus mentė	32
12 pav. Pažeistas rotorius velenas	33
13 pav. Turbokompresoriaus remonto efektyvumą bloginančių veiksnių hierarchijos struktūra	44
14 pav. Ekspertų nuomonės apie, veiksnių grupių reikšmingumą: vidutinis rangas stulpelinė diagrama, rangų koreliacijos metodas	47
15 pav. Normalizuoti veiksnių svarbumai (svoriai), ARTIW metodas	48
16 pav. Ekspertų nuomonės apie veiksnių grupių reikšmingumą: svorio vidurkių stulpelinė diagrama, AHP metodas	49
17 pav. Ekspertų nuomonės apie, veiksnių grupių reikšmingumą, svorių rezultatų lyginamoji stulpelinė diagrama, ARTIW ir AHP metodais	50
18 pav. Ekspertų nuomonės apie grupės „remontą atliekančios įmonės personalas“ reikšmingumą: vidutinis rangas, stulpelinė diagrama, rangų koreliacijos metodas	57
19 pav. Normalizuoti veiksnių svarbumai (svoriai), ARTIW metodas	58
20 pav. Ekspertų nuomonės apie grupės „remontą atliekančios įmonės personalas“ reikšmingumą: svorio vidurkių stulpelinė diagrama, AHP metodas	60
21 pav. Ekspertų nuomonės apie grupės „remontą atliekančios įmonės personalas“, svorių rezultatų lyginamoji stulpelinė diagrama, ARTIW ir AHP metodais	60
22 pav. Ekspertų nuomonės apie grupės „remontą atliekančios įmonės parametrai“ reikšmingumą: vidutinis rangas stulpelinė diagrama, rangų koreliacijos metodas	66
23 pav. Normalizuoti veiksnių svarbumai (svoriai), ARTIW metodas	67

24 pav. Ekspertų nuomonės apie grupės „remontą atliekančios įmonės parametrai“ reikšmingumą: svorio vidurkių stulpelinė diagrama, AHP metodas	69
25 pav. Ekspertų nuomonės apie grupės „remontą atliekančios įmonės parametrai“ svorių rezultatų lyginamoji stulpelinė diagrama, ARTIW ir AHP metodais	69
26 pav. Ekspertų nuomonės apie grupės „remonto įrankiai, įrenginiai“ reikšmingumą: vidutinis rangas stulpelinė diagrama, rangų koreliacijos metodas.....	75
27 pav. Normalizuoti veiksmų svarbumai (svoriai), ARTIW metodas	76
28 pav. Ekspertų nuomonės apie grupės „remonto įrankiai, įrenginiai“ reikšmingumą: svorio vidurkių stulpelinė diagrama, AHP metodas	78
29 pav. Ekspertų nuomonės apie grupės „remonto įrankiai, įrenginiai“ reikšmingumą, svorių rezultatų lyginamoji stulpelinė diagrama, ARTIW ir AHP metodais	78
30 pav. Ekspertų nuomonės apie grupės „darbo vietų savybės“ reikšmingumą: vidutinis rangas stulpelinė diagrama, rangų koreliacijos metodas	84
31 pav. Normalizuoti veiksmų svarbumai (svoriai), ARTIW metodas	85
32 pav. Ekspertų nuomonės apie grupės „darbo vietų savybės“ reikšmingumą: svorio vidurkių stulpelinė diagrama, AHP metodas	87
33 pav. Ekspertų nuomonės apie grupės „darbo vietų savybės“ reikšmingumą, svorių rezultatų lyginamoji stulpelinė diagrama, ARTIW ir AHP metodais	87
34 pav. Ekspertų nuomonės apie veiksmų grupių reikšmingumą, svorių rezultatų lyginamoji stulpelinė diagrama, ARTIW ir AHP metodais	91
35 pav. Ekspertų nuomonės apie grupės „remontą atliekančios įmonės personalas“, svorių rezultatų lyginamoji stulpelinė diagrama, ARTIW ir AHP metodais	92
36 pav. Ekspertų nuomonės apie grupės „remontą atliekančios įmonės parametrai“ svorių rezultatų lyginamoji stulpelinė diagrama, ARTIW ir AHP metodais	93
37 pav. Ekspertų nuomonės apie grupės „remonto įrankiai, įrenginiai“ reikšmingumą, svorių rezultatų lyginamoji stulpelinė diagrama, ARTIW ir AHP metodais	94
38 pav. Trūkstamas pagrindinis įrankis, kuris efektyviai ir greitai demontuoja guolio separatorių	95
39 pav. Trūkstamas pagrindinis įrankis, kuris efektyviai ir greitai demontuoja guolio veržles.....	95
40 pav. Trūkstamas pagrindinis įrankis, kuris efektyviai ir greitai demontuoja guolį	96
41 pav. Ekspertų nuomonės apie grupės „darbo vietų savybės“ reikšmingumą, svorių rezultatų lyginamoji stulpelinė diagrama, ARTIW ir AHP metodais	96

LENTELIŲ SĄRAŠAS

1 lentelė. Lokomotyvams atliekami remonto darbai pagal išdirbtą laiką.....	34
2 lentelė. Ekspertų charakteristikos	37
3 lentelė. Kriterijų tarpusavio intensyvumas	42
4 lentelė. Veiksnių grupių reikšmingumai, ekspertų rangai Rij	45
5 lentelė. Veiksnių svarbos rezultatai	48
6 lentelė. Užpildyta eksperto veiksnių, porinio lyginimo matrica.....	48
7 lentelė. Tikrinių vektorių skaičiavimo rezultatai AHP metodu.....	49
8 lentelė. Eksperto tikrinio vektoriaus skaičiavimo eiga ir kiekvieno skaičiavimo žingsnio rezultatas .	51
9 lentelė. Ekspertų didžiausia tikrinė reikšmė λ_{max} , suderinamumo santykis C.R., matricos suderinamumo indeksas C.I., atsitiktinis indeksas R.I.	53
10 lentelė. Apskaičiuotos konkordancijos koeficiento W, apskaičiuotos χ^2 vertės ir konkordancijos koeficiento W_{min} reikšmės	54
11 lentelė. Remontą atliekančios įmonės personalo reikšmingumai, ekspertų rangai Rij	55
12 lentelė. Veiksnių svarbos rezultatai	58
13 lentelė. Eksperto užpildyta veiksnių, porinio lyginimo matrica.....	59
14 lentelė. Tikrinių vektorių skaičiavimo rezultatai	59
15 lentelė. Ekspertų didžiausia tikrinė reikšmė λ_{max} , suderinamumo santykis C.R., matricos suderinamumo indeksas C.I., atsitiktinis indeksas R.I.	62
16 lentelė. Apskaičiuotos konkordancijos koeficiento W, apskaičiuotos χ^2 vertės ir konkordancijos koeficiento W_{min} reikšmės	63
17 lentelė. Remontą atliekančios įmonės parametrų reikšmingumai, ekspertų rangai Rij.....	64
18 lentelė. Veiksnių svarbos rezultatai	67
19 lentelė. Eksperto užpildyta veiksnių, porinio lyginimo matrica.....	68
20 lentelė. Tikrinių vektorių skaičiavimo rezultatai	68
21 lentelė. Ekspertų didžiausia tikrinė reikšmė λ_{max} , suderinamumo santykis C.R., matricos suderinamumo indeksas C.I., atsitiktinis indeksas R.I.	71
22 lentelė. Apskaičiuotos konkordancijos koeficiento W, apskaičiuotos χ^2 vertės ir konkordancijos koeficiento W_{min} reikšmės	72
23 lentelė. Remonto įrankių, įrenginių reikšmingumai, ekspertų rangai Rij.....	73
24 lentelė. Veiksnių svarbos rezultatai	76

25 lentelė. Eksperto užpildyta veiksmų, porinio lyginimo matrica.....	77
26 lentelė. Tikrinių vektorių skaičiavimo rezultatai	77
27 lentelė. Ekspertų didžiausia tikrinė reikšmė λ_{max} , suderinamumo santykis C.R., matricos suderinamumo indeksas C.I., atsitiktinis indeksas R.I.	80
28 lentelė. Apskaičiuotos konkordancijos koeficiento W, apskaičiuotos χ^2 vertės ir konkordancijos koeficiento W_{min} reikšmės	81
29 lentelė. Darbo vietų savybių reikšmingumai, ekspertų rangai R_{ij}	82
30 lentelė. Veiksmų svarbos rezultatai	85
31 lentelė. Eksperto užpildyta veiksmų, porinio lyginimo matrica.....	86
32 lentelė. Tikrinių vektorių skaičiavimo rezultatai	86
33 lentelė. Ekspertų didžiausia tikrinė reikšmė λ_{max} , suderinamumo santykis C.R., matricos suderinamumo indeksas C.I., atsitiktinis indeksas R.I.	89
34 lentelė. Apskaičiuotos konkordancijos koeficiento W, apskaičiuotos χ^2 vertės ir konkordancijos koeficiento W_{min} reikšmės	90
A1 lentelė. Eksperto tikrinio vektoriaus skaičiavimo eiga ir kiekvieno skaičiavimo žingsnio rezultatas	102
A1 lentelė. Tesinys	103
B1 lentelė. Eksperto tikrinio vektoriaus skaičiavimo eiga ir kiekvieno skaičiavimo žingsnio rezultatas	104
B1 lentelė. Tesinys	105
C1 lentelė. Eksperto tikrinio vektoriaus skaičiavimo eiga ir kiekvieno skaičiavimo žingsnio rezultatas	106
C1 lentelė. Tesinys	107
D1 lentelė. Eksperto tikrinio vektoriaus skaičiavimo eiga ir kiekvieno skaičiavimo žingsnio rezultatas	108
D1 lentelė. Tesinys	109

SANTRUMPŲ IR TERMINŲ SĄRAŠAS

VDV – vidaus degimo variklis.

AHP – rangų analizinės hierarchijos procesų metodas.

ARTIW – rangų vidurkių transformavimo į svorius metodas (angl. *Average Rank Transformation Into Weight*).

TP-1 – techninė priežiūra.

ER-1 – einamasis remontas.

KR-1 – kapitalinis remontas.

TS – transporto sistema;

Guolis – besisukančius velenus išlaiko reikiamoje padėtyje ir, priimdamas veikiančias apkrovas, perduoda jas korpusui;

Separatorius – prietaisas kam nors skirstyti į sudaromąsias dalis. šiuo atveju alyvai.

Velentas – skirtas perduodanti sukamąjį judesį.

Ekspertas – kurios nors srities, šio tiriamo darbo atžvilgiu, turbokompresoriaus remonto baro, asmuo, atitinka jam keliamus reikalavimus, t. y. išmano remonto sudedamąsias dalis, technologinį procesą, remonto įrenginius ir įrankius.

IVADAS

Pasaulyje kasdien didėja naujų mašinų skaičius, todėl įmonėms, teikiančioms įvairias remonto paslaugas, tenka vis sudėtingesnė užduotis – išsiskirti didelėje remonto įmonių gausoje ir per akimirką patraukti vartotojo dėmesį bei parduoti savo teikiamas paslaugas. Tapo įprasta, jog nagrinėjant įtaką vartotojo apsisprendimui pirkti daugiau pasirinktos įmonės paslaugų daugiausia dėmesio buvo skiriama laiko, kokybės bei remonto efektyvumui. Atsižvelgiant į dabartinę pasaulinę konkurenciją ir didėjančius suinteresuotųjų šalių reikalavimus, reikia gerinti gamybos rezultatus mažinant sąnaudas, didinant pelningumą bei efektyvumą. Be to, diegiant pažangias gamybos technologijas, padidėjus automatikos apimtims ir sumažėjus atsargoms, padidėja priežiūros poreikis. Tokiu būdu techninės priežiūros valdymas tampa labai svarbus įmonei, kad ji išliktų produktyvi ir pelninga. Vykdam šią techninės priežiūros valdymo funkciją, techninės priežiūros efektyvumo matavimas yra suvokiamas kaip svarbi funkcija pasiekti tvarią bet kurios gamyklos veiklą. Norint tai įgyvendinti, techninės priežiūros vadovai privalo sekti techninės priežiūros proceso atlikimą griežtai apibrėžta veikimo matavimo sistema ir rodikliais, kurie gali įvertinti techninės priežiūros funkcijos atlikimo efektyvumą. Norint pagerinti techninės priežiūros funkciją bet kuriame kontekste, svarbu, kad jos veikimas būtų atliekamas tiek iš išorinės (poveikis kliento verslo procesui yra klientui sukuriamą vertė), tiek iš vidinės (darbo procesai pačioje techninės priežiūros srityje ir jo integracija) perspektyvų. Šiame tyrime analizuojamos problemos ir iššūkiai, susiję su skirtingais techninės priežiūros efektyvumo matavimo aspektais, pateikiami įrankiai ir metodai, skirti techninės priežiūros efektyvumui įvertinti, ir paprastais pavyzdžiais iliustruojamas jų pritaikymas.

Darbo objektas. Turbokompresorių remonto baro techninės priežiūros ir remonto procesas.

Darbo tikslas. Atliekant tyrimą išanalizuoti bei nustatyti turbokompresorių remonto baro techninės priežiūros ir remonto proceso efektyvumo problemas ir pateikti galimus sprendimų būdus, taip padidinant darbo efektyvumą.

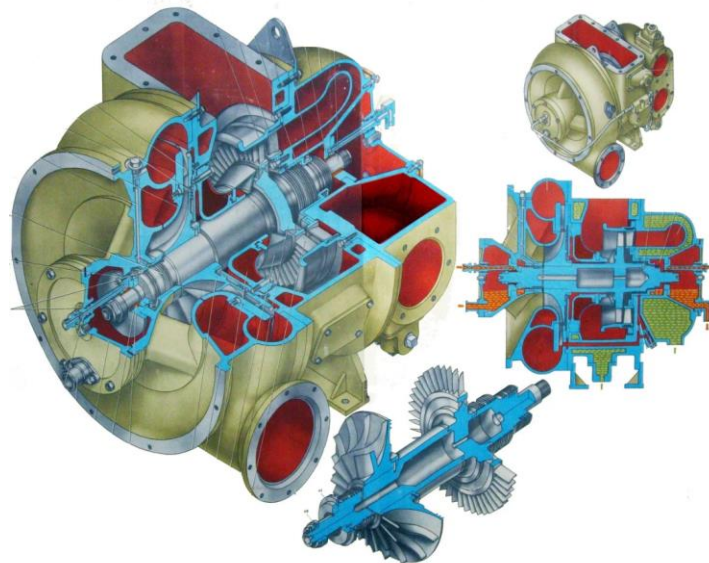
Darbo uždaviniai:

1. Parengti mokslinės literatūros bei straipsnių, nagrinėjančių techninės priežiūros ir remonto proceso efektyvumą, apžvalgą, analizę ir apibendrinimą;
2. Atlikti techninės priežiūros ir remonto proceso efektyvumo tyrimo metodų apžvalgą ir analizę;
3. Sudaryti originalią kriterijų sistemą, kuri padeda įvertinti priežastis, turinčias įtakos turbokompresorių remonto efektyvumui. Šių kriterijų svarbą ištirti taikant tris sprendimų priėmimo metodus: rangų, analizinės hierarchijos procesų metodą (AHP), kai kriterijai nestruktūrizuoti ir kai jie suskirstyti į hierarchinę struktūrą;
4. Pasitelkus ekspertų nuomonę, nustatyti ir įvertinti kriterijų svorius;
5. Parengti baigiamojo darbo galutines išvadas ir pasiūlymus.

1. MOKSLO DARBŲ, SKIRTŲ TRANSPORTO REMONTO EFEKTYVUMUI GERINTI, ANALIZĖ

1.1 Turbokompresoriaus sudėtis ir paskirtis

Nuo pat vidaus degimo variklių atsiradimo pradžios konstruktoriai stengėsi padidinti jų galią, sumažinti masę, gabaritus ir degalų sąnaudas. Patobulėjus šiluminiams-energetiniams variklių skaičiavimams, buvo pastebėta, jog su išmetamomis dujomis nenaudingai iššvaistoma beveik pusė energijos, kuri išsiskiria degant degalams. Galima būtų ignoruoti susidariusius nuostolius, kai variklis yra kelių ar keliolikos kilovatų (kW) galios, bet kai galios reikalavimai yra virš 1–2 megavatų (MW) (šilumvežiui) arba keliasdešimt MW (laivui), galios trūkumas ir didelės degalų sąnaudos tampa rimta kliūtimi vidaus degimo varikliui konkuruojant su garo mašina ar turbina. XX amžiaus pradžioje, plintant dyzelinių degalų rūšiai geležinkelių transporte ir laivuose, buvo sugalvota, kad galią galima padidinti pripučiant variklį kompresoriumi, o kompresorių gali sukurti dujų turbina, kurią varo variklyje naudotos dujos – juk jos dar turi daug energijos. Taip atsirado turbokompresorius. 1905 metais inžinieriui iš Šveicarijos Alfredui Biuchi buvo išduotas šio agregato patentas. Šilumvežio turbokompresoriaus sudėtis pavaizduota 1 pav.



1 pav. Turbokompresoriaus sudėtis
Šaltinis: Rekam Grup, Турбина ТК23Н-26, 2021

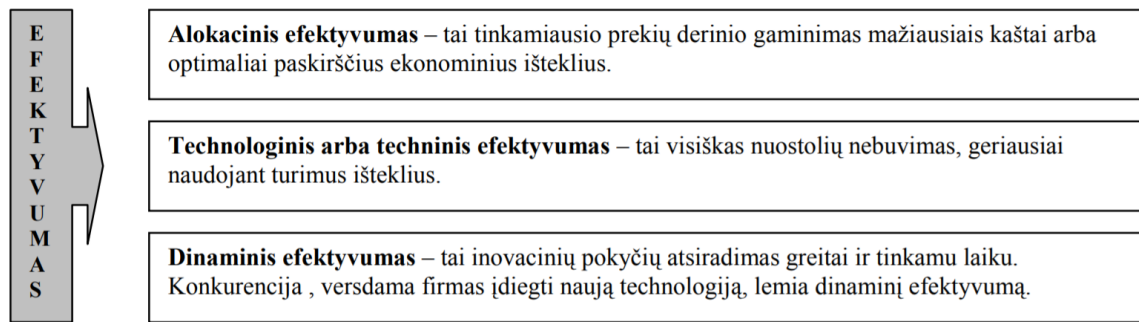
Taigi, turbokompresorius (angl. *turbocharger*) yra turbina, varoma vidaus degimo variklio išmetamomis dujomis, kuri yra velenu sujungta su kompresoriumi, kuris pumpuoja orą į vidaus degimo variklio degimo kamerą. Dėl didesnio oro kiekio cilindre daugiau degalų galima sudeginti viename variklio cikle. Daugiau sudegusių degalų – daugiau išmetamųjų dujų, daugiau išmetamųjų dujų – didesnė galia ir išsiplėtimas, tai beveik be jokių išlaidų panaudojama galia, kuri kitaip būtų prarandama. Kadangi įranga tampa vis sudėtingesnė, atsiranda šiek tiek papildomų gamybos išlaidų, bet vidaus degimo variklio galios turbina nemažina, o tik padidina.

Tobulėjant tiek variklio, tiek turbokompresoriaus konstrukcijai, komercinio transporto našumas didėjo. Sparčiai plintant automobilizacijai, tapo aktualus kitas aspektas – ekologija. Griežtėjantys gamtosaugos reikalavimai privertė automobilių variklių gamintojus mažinti kenksmingų deginių išmetimą. Štai tada turbokompresorius tapo išsigelbėjimu. Dėl didesnio oro pertekliaus galima organizuoti mišinio degimą cilindruose taip, kad liepsna neliestų palyginti šaltų sienelių, degalai visiškai sudeginami, ir degimo produktuose lieka mažai kenksmingų nevisiško degimo produktų, tokių kaip CO, CH, C (suodžių), benzpirenų ir kt. Net tokie degimo produktai kaip CO₂ ir šiluma sukelia šiltnamio efektą ir atmosferos šilumą, o jų išmetimas tiesiogiai proporcingas degalų sąnaudoms, o tai reiškia, jog reikia sudeginti kuo mažiau degalų – didinant variklio naudingo veikimo koeficientą.

1.2 Veiklos efektyvumo samprata

Efektyvumo sąvoka plačiai taikoma ekonomikos teorijoje ir gali būti vartojama daugiaprasmiškai. Dažniausiai efektyvumą suprantame kaip gamybos išteklių panaudojimo lygį, garantuojantį didžiausią produkcijos apimtį. Taip pat, kaip išteklių panaudojimo veiksmingumą, kai norimas rezultatas pasiekiamas mažiausiomis įmanomomis sąnaudomis arba naudojant turimus išteklius pasiekiamas maksimalus įmanomas rezultatas. Tačiau moderniuose apibrėžimuose atsispindi ne tik išlaidos, bet ir vartotojų pasitenkinimo ar įmonės tikslų išpildymo lygis. Efektyvumas yra tai, kaip yra tenkinami kliento poreikiai, o efektyvumas matuoja, kaip taupiai naudojami įmonės ištekliai teikiant paslaugas vartotojui (Neely, Platts ir Gregory 1995). Sąvoka *efektyvumas* dažniausiai vartojama tuo atveju, kai norima įvardyti užsibrėžtus tikslus bei įvertinti jų įvykdymą ir teigiamą rezultato pasiekimą. Priežiūros funkcijos efektyvumo tikslas yra palaikyti gamybos procesą užtikrinant pakankamą prieinamumą, patikimumą, veikimo ir saugos lygį už priimtina kainą.

Kadangi efektyvumo sąvoka yra labai plati, dauguma autorių skirsto efektyvumą į keletą tipų. Remiantis verslo ekonomika (Lukoševičius et al., 2005) efektyvumas yra skirstomas į tris tipus (2 pav.).



2 pav. Efektyvumo tipai
Šaltinis: Lukoševičius et al., 2005

Technologinis efektyvumas – gamyba laikoma technologiškai efektyvi, jeigu pagal tą pačią gamybos technologiją toks pats produkcijos kiekis pagaminamas mažesnėmis sąnaudomis (sunaudojama mažiau materialinių, darbo bei energetinių išteklių arba naudojant tuos pačius išteklius didinama gaminamos produkcijos apimtis). Ekonominis efektyvumas – tai geresnių rezultatų pasiekimas mažesnėmis sąnaudomis. Alokacinis arba paskirstymo efektyvumas – tai tinkamiausio prekių derinio gaminimas mažiausiais kaštais arba optimaliai paskirstčius ekonominius išteklius. Šis efektyvumas taip pat reiškia, kad naudojamas geriausias turimų išteklių derinys. Ginevičius et al. (2007) efektyvumą skirsto į 5 grupes:

- Bendrąjį – viso verslo efektyvumas (organizacijos, padalinio).
- Lokalinį – nustatomas tam tikroms verslo sritims – gamybai, produkcijos realizavimui ir t. t.
- Specialųjį – nustatomas vertinant tam tikrų išteklių efektyvumą – darbo, materialinių ar finansinių.
- Techninį – šis efektyvumas gali būti nustatomas, kai naudojama kokios nors rūšies išteklių mažiau, o kitų sunaudojamų išteklių sunaudojami kiekiai nepadidėja.
- Ekonominį – jis yra susijęs su veiklos ekonomija – ji gali būti gaunama didinant techninį efektyvumą, veiklos mastą ar įdiegiant inovacines priemones.

Šie pavyzdžiai įrodo, jog skirtingi autoriai efektyvumą skirsto į įvairius porūšius ir išplečia efektyvumo skirstymą.

1.3 Veiklos efektyvumą apibūdinantys finansiniai rodikliai

Dažniausiai įmonių veikla vertinama pagal tai, kaip ir koku būdu jos pasiekia pagrindinį tikslą – pelną ir jo augimą. Pelningai dirbanti įmonė turi geras galimybes išsilaikyti konkurencinėje kovoje ar bent jau išvengti bankroto. Nuolat gaudama pelną įmonė gali konkuruoti rinkoje, plėtoti savo veiklą, daugiau investuoti į gamybinę veiklą ir ateityje dar labiau padidinti pelną. Taip pat labai svarbu turėti informacijos apie remonto veiklą. Turint išsamią informaciją, galima priimti optimalius ir racionalius sprendimus. Kaip teigia Lazauskas (2005), ekonominėje analizėje pagrindinis vaidmuo tenka abstrakcijai ir loginiam mąstymui, ekonominiam-matematiniam modeliavimui ir lyginimui. Tam plačiai naudojami įvairūs veiklos finansiniai rodikliai. Tačiau viską komplikuoja jų skaičius, sudėtinga interpretacija ir skirtingų autorių nesutarimas, kurie rodikliai turėtų būti priskirti prie nustatančiųjų efektyvumą. Pagal Mackevičių et al. (2014), veiklos efektyvumo analizė skirstoma į turto apyvartumo ir sąnaudų lygio analizes. Turto apyvartumo analizė susideda iš viso turto, ilgalaikio, trumpalaikio bei kito turto apyvartumo koeficientų ir su jais susijusių papildomų rodiklių skaičiavimais. Šie koeficientai apskaičiuojami pardavimo pajamas padalinus iš vidutinės atitinkamo turto grupės vertės ir parodo, kaip efektyviai įmonė panaudoja turimą turtą pardavimo procese arba kiek vienas turto euras sukuria pardavimo pajamų. Be šių rodiklių apskaičiavimo labai svarbu apskaičiuoti ir atsargų apyvartumą, kuris parodo, kaip greitai atsargos virsta produktu/paslauga ir atneša piniginę naudą. Taip pat, šio rodiklio tinkama analizė gali atskleisti įmonės taikomą politiką – atsargų įvertinimo metodo (LIFO, FIFO, vidutinių kainų) pasirinkimą, tiekimo būklę bei atsargų laikymo laiką. Dar vienas svarbus įmonės mokėjimų politiką vartotojų atžvilgiu atspindintis rodiklis yra debitorinio įsiskolinimo apyvartumas. Šio rodiklio labai gera reikšmė yra mažiau nei 30 dienų ir tai reiškia, jog vartotojų įsiskolinimo laikotarpis neviršija vieno mėnesio. Kuo šis laikotarpis ilgesnis, tuo įmonės rizika kaupti įsiskolinimą yra didesnė, todėl įmonė gali patirti nuostolių arba pritrūkti apyvartinių lėšų. Tačiau svarbus ne tik pirkėjų įsiskolinimas, bet ir įmonės gebėjimas atsiskaityti su tiekėjais – kreditorinis įsipareigojimų apyvartumas, kuris parodo, kaip greitai arba per kokį laikotarpį bendrovė geba atsiskaityti su tiekėjais. Kuo šis skaičius mažesnis, tuo įmonė greičiau atsiskaito su tiekėjais ir įgauna jų pasitikėjimą bei dažniais atvejais gali gauti geresnius pasiūlymus. Su šiais indikatoriais susijęs kitas labai svarbus rodiklis – pinigų apyvartumo ciklas, kurio trukmė rodo, po kiek dienų nuo pinigų gavimo jie yra panaudojami. Jei rodiklio reikšmė maža – įmonė gali pritrūkti lėšų, o jei labai didelė – prarandamos lėšos, kurios būtų gautos investavus perteklinį lėšų kiekį. Visus šiuos rodiklius tikslinga lyginti su mokumo bei pelningumo rodikliais, nes tai padeda tiksliau ir objektyviau nustatyti įmonės finansinę būklę ir suprasti tokių koeficientų reikšmių

veiksnius. Kitos veiklos efektyvumo rodiklių grupės – sąnaudų lygio analizė susideda iš pardavimo savikainos (pagrindinių išlaidų), veiklos, administracinių bei finansinės ir investicinės veiklos sąnaudų lygių. Visi šie rodikliai apskaičiuojami atitinkamas sąnaudas ar savikainą padalinus iš pardavimo pajamų. Kuo gauta reikšmė yra mažesnė – tuo geriau, nes tai reiškia, kad vienam pardavimo eurui tenka mažiau sąnaudų, o jei šis koeficientas viršija 1, tai įmonės sąnaudos viršija gaunamas pajamas. Skirtingų sričių sąnaudų efektyvumo apskaičiavimas leidžia nustatyti, kuriose veiklos grandyse ištekliai yra naudojami taupiausiai, o kuriose juos vertėtų sumažinti.

Pagrindinis veiklos vertinimo kriterijus yra ekonomiškumo principas, kurį atspindi bendrovės veiklos rodiklių analizė. Įmonės veiklą apibūdinančių rodiklių įvairovė labai plati. Priklausomai nuo to, kam tyrime bus skiriamas didžiausias dėmesys, yra parenkami analizei naudojami rodikliai.

1.4 Santykinų finansinių rodiklių analizė

Mokslinėje-metodinėje literatūroje aprašoma labai daug skirtingų ekonominių ir finansinių rodiklių. Kiekvienas jų yra tinkamas tam tikriems organizacijų tipams (akcinėms bendrovėms, bankams, investiciniams fondams, draudimo bendrovėms ir t. t.) arba tam tikriems ekonomikos sektoriams. Santykiniai rodikliai skiriasi panaudojimo tikslais ir svarba. Kai kurie rodikliai pateikia kritinės svarbos informaciją einamajai, trumpalaikiai įmonės veiklai užtikrinti. Šie rodikliai dažniausiai nagrinėjami tuomet, kai įmonės vadovybė neturi ilgalaikių ją dominančių perspektyvų. Tačiau paprastai nagrinėjami ilgo laikotarpio planai. Šiuo atveju apskaičiuojami ir analizuojami įmonės rodikliai, galintys priimti perspektyvius sprendimus ar numatyti įmonės veiklos strategiją. Kadangi finansinę įmonės būklę nustatančių rodiklių yra daug, patogiau juos klasifikuoti į grupes. Nors kai kurie autoriai savo straipsniuose pateikia įvairius tokio klasifikavimo pavyzdžius, tačiau bendros rodiklių grupavimo sistemos nėra. Taip pat, verta paminėti, jog apskaičiavus finansinius santykinus rodiklius, galima palyginti skirtingų dydžių įmonių veiklą.

Kadangi iš finansinės atskaitomybės galima apskaičiuoti gana daug santykinų rodiklių, todėl tikslinga juos sisteminti, sujungti į tam tikras grupes. Rodiklių sujungimas į vienas grupes palengvina analitikų ir auditorių darbą, o informacijos vartotojams lengviau atsirinkti, kokie rodikliai tinkamesni valdymo sprendimams priimti (Lazauskas, 2005).

1.5 Veiksniai, lemiantys darbo efektyvumą

Pagrindiniai su šia sritimi susiję klausimai yra susiję su tuo, ką reikia išmatuoti ir kaip tai išmatuoti (Neely, 1999). Netinkamas matavimo sistemos kūrimo įgyvendinimas ir valdymas, siekiant naudoti naujas priemones, kurios atspindėtų naujus prioritetus, dažnai lemia neveiksmingus rezultatus. Taip yra dėl nesugebėjimo atsisakyti priemonių, atspindinčių senus prioritetus, nesusijusių ir nenuoseklių rodiklių bei netinkamų matavimo metodų įgyvendinimo (Meyer ir Gupta, 1994). Bėgant metams buvo sukurtos kelios sistemos, skirtos išmatuoti našumą. Pavyzdžiui, iki 1980 metų daugiausia buvo remtasi finansinėmis priemonėmis. Vėliau mokslininkai sukūrė sistemas, kuriose svarstomi nefinansiniai įvertinimai ir nematerialusis turtas, kurie leistų pasiekti konkurencinį pranašumą (Kaplan ir Norton, 2001). Su techninės priežiūros efektyvumo matavimu susijusios problemos ir uždaviniai yra susiję su aktualumu, aiškumu, savalaikiškumu, patikimumu, pagrįstumu, kaina ir laiko efektyvumu, paprastu įgyvendinimu, atnaujinimu ir priežiūra.

Efektyvi įrangos priežiūra yra kritinis veiksnys, užtikrinantis kokybiškas operacijas, užtikrinančias: laiką, išteklius už minimalias išlaidas. Tačiau techninės priežiūros specialistai supranta, kad įrangos patikimumas nėra lengvai užtikrinamas (Christiansen, 2018). Todėl būtina nustatyti kokybės kriterijus, kuriais remiantis būtų galima įvertinti esamą efektyvumą ir numatyti būsimus rezultatus, o gautus duomenis panaudoti tobulinimui. Vienas iš būdų tai padaryti yra naudoti skirtingą techninės priežiūros metriką, kuri padėtų suprasti įrangos veikimą. Šie rodikliai yra labai svarbūs, nes jie gali reikšti skirtumą tarp bendrų tikslų pasiekimo ir paaiškinimo, kaip netikėti gedimai sukėlė dar vieną atliekamo darbo vėlavimą. Autorius (Christiansen, 2018) išskiria keletą svarbių techninės priežiūros rodiklių, kuriuos privaloma stebėti, norint patobulinti ir optimizuoti techninės priežiūros operacijas: planuojamą techninės priežiūros ir remonto laiką – jame nustatomas laikas, praleistas planuojamai techninės priežiūros ir remonto darbams atlikti bei netikėtiems gedimams sutvarkyti. Nurodoma, kiek tam tikrų priežiūros darbų bus atlikta, palyginti su tuo, kiek laiko praleista netikėtiems gedimams sutvarkyti. Bendras įrangos efektyvumas – pateikiami pagrįsti duomenys apie tai, kaip efektyviai veikia priežiūros procesai, atsižvelgiant į tokius veiksnius kaip įrangos kokybė, našumas ir prieinamumas. Naudojant šį punktą galima nustatyti, kas daro neigiamą poveikį remontui, o tai nustačius galima pašalinti neigiamą poveikį darantį įrenginį.

Pagal Dekker (1996), techninės priežiūros tikslai yra skirstomi į keturias pagrindines dalis: sistemos funkcijos (prieinamumas, efektyvumas ir gaminio kokybė), sistemos gyvavimo (turto valdymas), saugos ir žmonių gerovės užtikrinimus. Kapitalo pakeitimo modeliavimas, nusprendžiant, kada mašiną reikia

pakeisti nauja, yra kitas techninės priežiūros tikslas. Kiti tikslai, į kuriuos atsižvelgiama literatūroje, yra sauga, techninės priežiūros personalo valdymas ir atsarginių dalių inventorių. Didžioji dalis svarbių techninės priežiūros kriterijų paminima literatūroje, tačiau ne visi jie naudojami techninės priežiūros valdymo modeliuose. Daugelyje našumo ir optimizavimo modelių optimizuojama kaštų norma arba visos išlaidos. Tačiau pagrindiniai techninės priežiūros gerinimo pranašumai paprastai pastebimi kitose darbo vietose, tokiose kaip gamyba, atsargos, kokybė ir pan., o ne atliekant techninę priežiūrą, nes tai paprastai rodo didesnes sąnaudas. Marais ir Saleh (2009), Al-Najjar (2007) pasirinko geresnį požiūrį, optimizuodami techninės priežiūros vertę. Remiantis literatūra ir autorių patirtimi, bendrą strateginių ir taktinių organizacijos priežiūros tikslų sąrašą galima apibendrinti taip: priežiūros biudžetas: priežiūros išlaidos bei vertė, funkciniai ir techniniai aspektai: prieinamumas, patikimumas, priežiūrimumas, bendras įrangos efektyvumas, produktyvumas, išvesties ir techninės priežiūros kokybė, projektavimo laikas: sprendimai dėl kapitalo pakeitimo ir ciklo optimizavimas, palaikymas: atsarginių dalių inventorių ir logistika, žmonės ir aplinka: poveikis aplinkai, sauga / rizika / sveikata ir personalo valdymas.

Techninės priežiūros efektyvumo matavimas - įrankis strateginiams ketinimams suderinti visos įmonės hierarchijos lygmenyse. Taigi, tai leidžia įmonės tikslus ir uždavinius stebėti nuo generalinio direktoriaus ar strateginio lygio ir vidurinėsios vadovybės taktiniu lygiu visoje įmonėje. Techninės priežiūros efektyvumo matavimas turi būti subalansuotas tiek iš finansinių, tiek iš nefinansinių priemonių. Taigi, sistema gali būti naudojama įvairiems tikslams, tokiems kaip: strateginio planavimo ir operatyvinė kontrolė ir stebėjimo priemonė, valdymo ataskaitų teikimo ir pokyčių valdymo palaikymo įrankis.

Veiklos rodiklis gali būti naudojamas bet kurios sistemos ar proceso našumui matuoti. Jis lygina faktines sąlygas su konkrečiomis etaloninėmis sąlygomis (reikalavimais), išmatuodamas atstumus tarp esamos aplinkos situacijos ir norimos situacijos (tikslų) bei atlieka vadinamąjį „atstumo iki tikslo“ vertinimą. Tinkamai panaudojus tokį rodiklį, jis turėtų pabrėžti ir atskleisti tobulėjimo galimybes įmonėje (Wireman, 1998).

Autoriai (Ben-Daya, Duffuaa, Raouf, Knezevic ir Ait-Kadi, 2009) trumpai aprašo bei išskiria keturias inžinerinės priežiūros programas, kurios siūlo patikimus sprendimus, kuriuos galima pritaikyti siekiant pagerinti techninės priežiūros efektyvumą. Šių programų tikslas yra padidinti prieinamumą, sumažinti sąnaudas ir patobulinti gaminių kokybę, t.y. patikimumo gerinimas, bendra produktyvumo priežiūra bei kompiuterizuotas priežiūros valdymas.

Daugiakriterinis techninės priežiūros efektyvumo matavimo modelis buvo sukurtas atsižvelgiant į nusistovėjusias procesų ir paslaugų pramonės šakas, jos strategiją, organizacijos struktūrą,

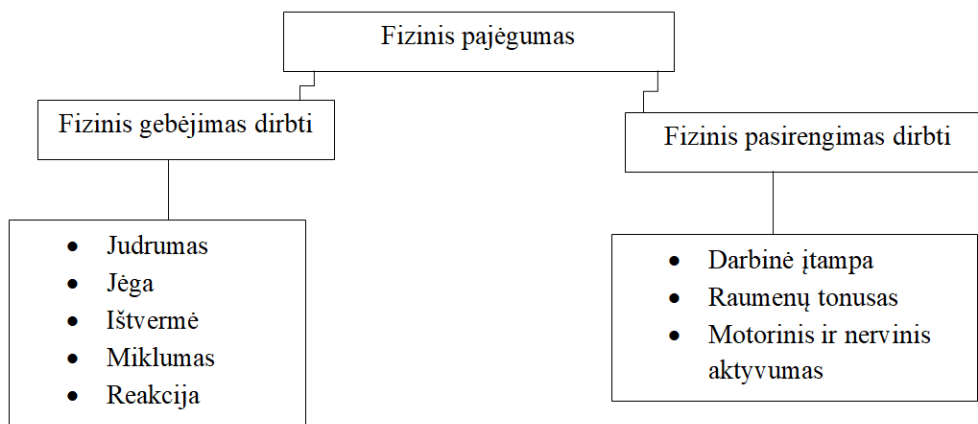
eksploatacinės savybės ir techninės priežiūros proceso reikalavimus (Parida, 2006). Be to, šiame modelyje išsamiai išnagrinėjami praktiniai procesai ir pateikiamas proceso žemėlapis, integruojantis ir susiejantis įvairius funkcinius elementus, įskaitant jų eksploatavimą ir priežiūrą.

Pasak Wardhaugh ir Jim (2004), svarbu pasirinkti svarbiausius techninės priežiūros rodiklius, renkantis tuos, kurie pagerins įrangos patikimumą ir techninę priežiūrą, kurie skatina aktyvią techninės priežiūros veiklą, kuri visam laikui įsilies į verslą, kad padidintų techninės priežiūros sistemų efektyvumą o ne tik nurodys verslo problemas: naudojimo įranga, įrangos prieinamumas, priežiūros išlaidos dėl prastovos, vidutinis remonto laikas, techninės priežiūros planavimas.

Atkinson (1997) nustato, kad atliekant veiklos vertinimą yra trys vaidmenys: koordinavimas, stebėjimas ir diagnostika. Poirier ir Tokarz (1996), Neely et al. (1997) pateikia siūlymus, kaip sukurti gerų rezultatų matavimo priemonės. Cameron (1986), Keegan et al. (1989), Maskell (1991), Bevan ir Thompson (1991), Lockamy ir Cox (1995), Kaplan ir Norton (1996) pateikia savo gairių rinkinius, kaip sukurti našumo matavimo sistemas, kurios užtikrintų puikų našumą šiandien ir konkurencingą verslo aplinką. Principai, kuriais remiasi dauguma šių autorių:

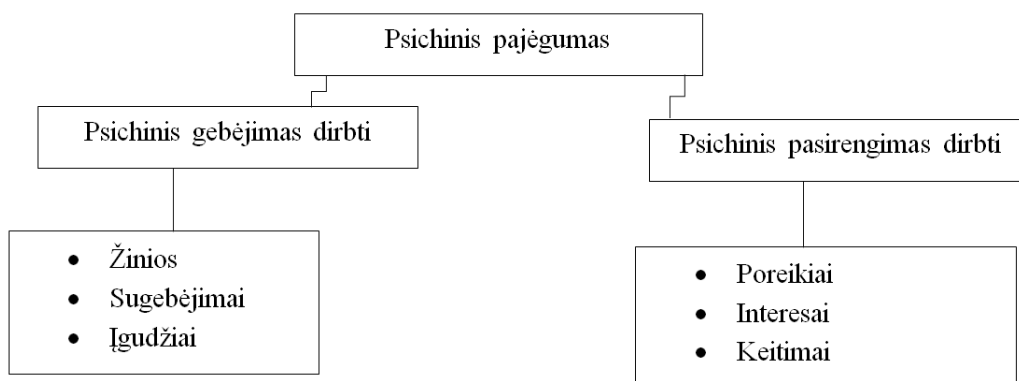
- a) Priemonės, būdingos įmonei, – jos yra susietos su įmonės strategija.
- b) Norint pasiekti pusiausvyrą perspektyvoje ir perduoti priežastinius ryšius siekiant verslo sėkmės, turėtų būti naudojamos kelios priemonės – vidinės ir išorinės, finansinės ir nefinansinės, rezultatų skatinimo ir rezultatų įvertinamos.
- c) Priemonės turėtų būti patogios vartotojui – paprastos, lengvai naudojamos, prieinamos nedelsiant.
- d) Priemonės skirtinguose hierarchijos lygiuose yra suderintos ir integruotos į organizacijos funkcijas.
- e) Darbuotojų įtraukimą į strategijų formulavimą ir susijusių veiklos rezultatų nustatymą.

Darbuotojo darbas priklauso nuo darbą supančių veiksnių, kurių yra gana nemažai, dauguma darbų priklausomi nuo darbuotojo, nes darbuotojas yra pagrindinis veiksnys išgaunant darbo rezultatą, todėl yra labai svarbu sukurti geras darbo sąlygas. Svarbus veiksnys, darantis įtaką darbui, yra žmogaus pajėgumas, nes kiekvieno žmogaus ištvermingumas skiriasi. Darbo efektyvumas priklauso nuo žmogaus fizinio (3 pav.), ir psichinio pajėgumo dirbti (4 pav.), darbinės įtampos (5 pav.), motyvacijos, ergonomiškos darbo vietos ir kitų veiksnių (Plenert, 2002).



3 pav. Žmogaus fizinis pajėgumas
Šaltinis: sudaryta darbo autoriaus

Psichinis gebėjimas dirbti apima žmogaus protinį darbą, o jo pasirengimą dirbti apima darbinės pažiūros, motyvaciją. Tyrimai, siekiant išsiaiškinti motyvaciją, pateikia svarbius sprendimų principus darbo saugai bei darbo formavimui

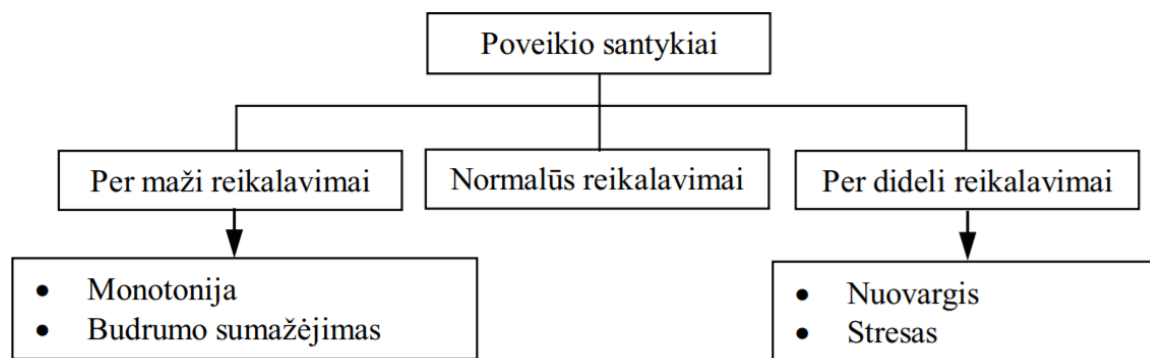


4 pav. Žmogaus psichinis pajėgumas
Šaltinis: sudaryta darbo autoriaus

Darbo apkrova apima darbo sistemoje žmogų veikiančių suvokiamų įtakų visumą. Darbo apkrova seka iš pačios darbo užduoties ir darbinės aplinkos. Ją būtų galima apibūdinti pagal: rūšį, dydį, trukmę, eiliškumą

1.5.1 Nerimas darbe

Kitas darbo veiksnys, kuris turi įtakos darbo našumui, yra darbo įtampa – darbo apkrovos poveikis žmogaus rezultatams, priklausantis nuo jo savybių ir gebėjimų. Ši sąvoka ir ją lemiantys veiksniai yra pavaizduoti 5 pav. Darbe dirbančio darbuotojo įtampos negalima tiesiogiai išmatuoti, ją galima apibūdinti atitinkamais reiškiniais, tokiais kaip fiziologiniai parametrai ar kūno funkcijos.



5 pav. Nerimo darbe veiksniai
Šaltinis: sudaryta darbo autoriaus

Įtampos pasekmės:

- monotoniją lemia per maži specifiniai reikalavimai, pvz.: vienodi darbai arba akylumo reikalaujantys darbai nedirginančiose situacijose;
- budrumas šiuo atveju reiškia akylumą nedirginančiose situacijose, kuriose retai reikalingi žmogaus veiksmai, kadangi tam nėra būtinybės – našumo sumažėjimas (būklė – panaši į nuovargį) nuolatinio stebėjimo situacijose, kuriose dėmesį atkreipiantys „signalai“ pasitaiko retai, signalams būdinga atsitiktinė seka;
- grįžtamasis našumo ir funkcijų sumažėjimas, kaip fiziologinis apsaugos nuo patologinės būklės mechanizmas (čia skiriamas biologinis nuovargis, nuovargis dėl darbo);
- stiprus dirginimo neatitinkantis aktyvavimas, kaip nuolatinis per didelis reikalavimas (esminis sutrikimas pusiausvyroje tarp reikalavimų iš aplinkos ir organizmo sugebėjimo reaguoti);
- įtampos būklė, panaši į nuovargį, su aiškiu nenoru dėl didėjančios antipatijos tam tikrai veiklai - individualios darbo motyvacijos pasikeitimas.

Taip pat didelę įtaką darbo našumui turi motyvacija kiek žmogus yra suinteresuotas dirbti.

Žmogaus pasirengimas pademonstruoti veiksmą ar elgesį, kurie jam žada jo poreikių (motyvų) patenkinimą. Motyvacija yra ne tik individualus dalykas, ji taip pat priklauso nuo situacijos sąlygų, kuriomis žmogus gyvena. Motyvacija visada atsiranda tada, jei siekiamas tikslas meta iššūkį, jei kliūtys apsunkina šio tikslo siekimą, tačiau neužkerta jam kelio. Kuo stipresnis šis iššūkis, tuo didesnės gali būti kliūtys, nes tuo stipresnis bus pasirengimas (motyvacija) nugalėti šias kliūtis. O jei tikslo mestas iššūkis yra silpnas, tada negali būti jokių didelių kliūčių, nes nėra stiprios motyvacijos.

Svarbu, kad darbuotojas dirbtų tą darbą, kurį jis sugeba padaryti geriausiai. Našumą bei kokybę svarbu išlaikyti lygiaverčius ir juos nuolat gerinti. Didžiausių nuostolių įmonės patiria tuomet, kai yra atliekami nepatikimi ar nekokybiški darbai (Kunstnen, 1989).

1.5.2 Remonto baro darbo vietos įrengimas

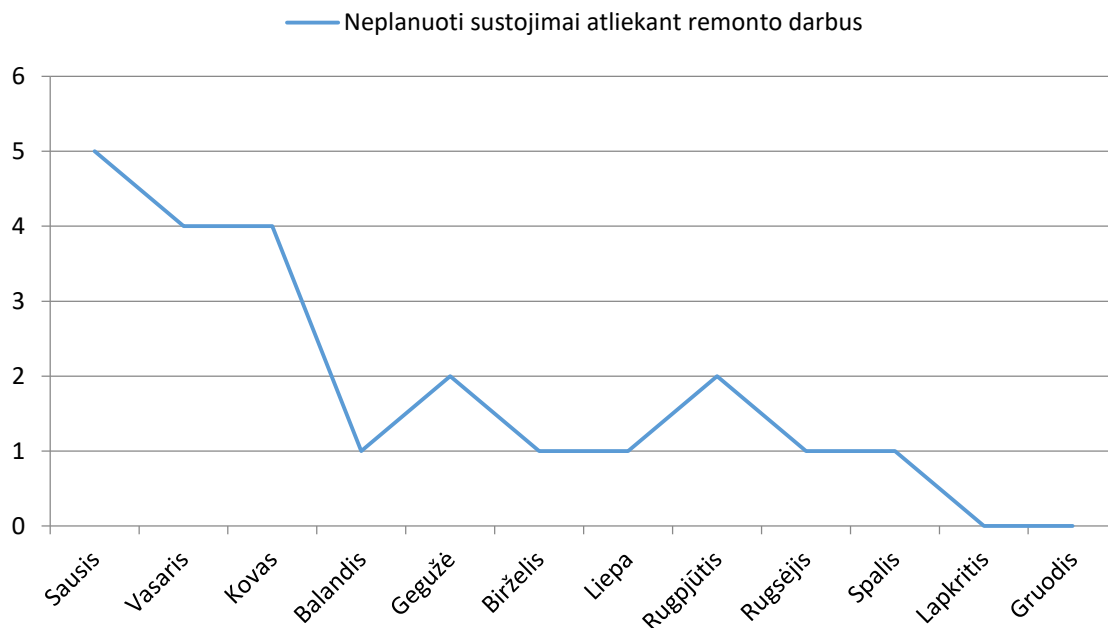
Didesnis darbo našumas – tai patogi, nevarginanti, puikiai pasiekama, turinti gerą apšvietimą darbo vieta, kitaip tariant ergonomiška darbo vieta, šią vietą pagrindė sukuria darbdavys. Bendri reikalavimai darbo vietoms, yra:

- minimali darbo vieta (turi būti lengva ir patogiu paimti ar pasiekti reikiamą įrankį, lengva ir saugu judėti, pernešti ir pervežti, aptarnauti ir eksploatuoti mašinas bei techninius įrenginius);
- darbo priemonių ir įrankių nomenklatūra ir skaičius (turi būti visa, kas reikalinga darbui, ir daugiau nieko, kas galėtų trukdyti atlikti jam paskirtas funkcijas);
- darbo vietos daiktinė – erdvinė struktūra (darbo vietos elementai, darbo priemonės ir technologinė įranga turi būti optimalios veiklos zonoje, atitikti sensorinį ir motorinį žmogaus aktyvumo, laiko, jėgos ir energijos taupymo reikalavimus);
- fizinės erdvės parametrai (tinkamas darbo paviršių apšvietimas, leistinas triukšmo fonas, normalus mikroklimatas, leistina vibracija);
- darbų sauga (fizinių, cheminių, biologinių ir kitų dirgiklių poveikio kontrolė); apsauga nuo nelaimingų atsitikimų ir perkrovų darbų.

Pagal Gladkih (2019), norint nustatyti remonto įmonės įrangos priežiūros efektyvumo vertinimą, yra būtina atlikti vidaus auditą, atsižvelgiant į techninės priežiūros sistemos darbo organizavimą ir reikalingos dokumentacijos tvarkymą. Siekiant pagerinti remonto priežiūros efektyvumą yra įgyvendinamos šios priemonės:

- sudaromi įmonės įrangos sąrašai, kurie yra priskirti remontą atliekantiems darbuotojams;
- paruošti pagrindiniai ir pagalbinių procesai, įrangos priežiūros schemos;
- didinamas remonto paslaugų inžinerijos ir technikos darbuotojų (meistrų) kvalifikacijos lygis, gebėjimas organizuoti darbuotojų darbo vietose įrangos priežiūrą, stebėti pamainos užduoties įgyvendinimą ir priimti operatyvinius sprendimus keičiant pamainos užduotis;
- didinamas techninės priežiūros personalo kvalifikacijos lygis, kadangi darbuotojai neturi supratimo apie atliekamą darbą, kaip pagal tam tikrus reikalavimus atlikti paskirtą darbą;
- didinamas gamybos praktikos lygis darbo vietoje.

Atsižvelgus į anksčiau autoriaus (Gladkih, 2019) minėtas priemones įmonė gali pasiekti didesnio darbo našumo, sumažinti neplanuotų darbų ar gamybos sustojimų, sumažinti nekokybiškai atliktų darbų kiekį bei paspartinti atliekamus darbus. Tai atspindi autoriaus (Gladkih, 2019) tyrime, kuriame pritaikius anksčiau nurodytas priemones yra sudaromas grafikas, kuriame yra pavaizduotas neplaninių sustojimų skaičius atliekant remonto darbus dvylikos mėnesių laikotarpiu (6 pav.). Šioje diagramoje galima pastebėti, jog įgyvendinus papildomas efektyvumo priemones, neplanuotų sustojimų skaičius per metus sumažėjo 5 kartus.



6 pav.. Neplanuotų sustojimų skaičius atliekant remonto darbus per metus
Šaltinis: Gladkih, 2019

Siekdama pagerinti įrangos priežiūros, darbų organizavimą ir atlikimą remonto įmonė taip pat turi atsižvelgti į šiuos pasiūlymus:

- Peržiūrėti naudojama darbo įrangą, suplanuoti darbo įrangos panaudojimą darbo metu, tai savo ruožtu leidžia sumažinti reikšmingus darbo apimtys svyravimus ir didžiausias apkrovas.
- Vieno agregato mechaninių ir energetinių komponentų priežiūros darbai yra kiek įmanoma peržiūrėti ir sujungti (priklauso vienas nuo kito), o tai užtikrina efektyvesnę darbo laiko panaudojimą.
- Techninės priežiūros personalui, atliekančiam įrangos priežiūrą, yra surengiami kvalifikacijos kėlimo kursai.
- Atliekamas darbas, skirtas atnaujinti atliekamų operacijų sudėtį, nes priežiūros darbų apimtis užduočių formose ne visada atspindi būtinų operacijų kompleksą.

1.6 „Lean“ sistemos efektyvumas įmonei

Viena iš strategijų, kuri naudojama tobulinant techninės priežiūros funkcijas, yra „Lean“ (Hsieh, 2015). Kiekviename tobulinimo projekte būtina apibrėžti ir taikyti procedūrą, kad būtų galima pasiekti geresnius veiklos rezultatus. „Lean“ nėra išimtis, o šią sistemą geriausiai nusako du pagrindiniai principai: nuolatinis tobulėjimas ir nereikalingų veiklų (nuostolių) šalinimas.

Nors „Lean“ sistema pradžioje buvo skirta gamybos procesų optimizavimui, laikui bėgant jos taikymo sfera labai išsiplėtė. Lietuvoje yra daug sėkmingo „Lean“ taikymo pavyzdžių - paslaugų, sveikatos priežiūros, statybų, IT, viešojo sektoriaus organizacijose. Vienose srityse geriau veikia vieni „Lean“ sprendimai, o kitose kiti. Pavyzdžiui, statybos procesų valdymui nereikėtų akiai kopijuoti gamyboje taikomų metodų. Bendri principai išlieka, tačiau konkretus taikymas dažnai skiriasi priklausomai nuo realaus konteksto ir čia praverčia patyrusio „Lean“ specialisto pagalba.

Vienas iš svarbių veiksnių yra standartizuotų procedūrų įvedimas, kurios po nustatymo garantuoja teisingą ir sėkmingą techninės priežiūros išteklių naudojimą (Dora, 2016). Be to, turėtų būti naudojami tinkami eksploataavimo rodikliai, atitinkantys priežiūros strategijas. „Lean“ sistemą derina daugybę metodų ir priemonių, skirtų nereikalingoms atliekoms sumažinti arba pašalinti. Keletas tokių ekonomiškų priemonių pavyzdžių: vaizdinės valdymo sistemos, sąrankos laiko sumažinimas, rūšiavimas, optimizavimas, standartizavimas ir palaikymas.

Sistemingas nuostolių šalinimas vyksta daugybę metų. Konkretūs „Lean“ sprendimai ir metodai (5S, „Kaizen“, „Kanban“, standartizuotas darbas, greitas įrenginių perderinimas ir kt.) reikšmingai paspartina tobulinimą – tai tarytum „paruoštukų“ taikymas.

1.6.1 „Lean 5S“ vizualus valdymas

„Lean 5S“ metodas padeda sukurti bei palaikyti vizualią darbo vietą. Darbo vieta sutvarkoma atliekant 5 žingsnius (7 pav.)

Surūšiavimas	✓ Visi darbo vietoje esantys daiktai, dokumentacija, priemonės ir informacija surūšiuojami į reikalingus ir nereikalingus.
Susitvarkymas	✓ Iš darbo vietos pašalinami visi nereikalingi daiktai ir šiukšlės.
Švara	✓ darbo vieta išvaloma ir sutvarkoma.

7 pav. 5s metodo žingsniai
Šaltinis: sudaryta darbo autoriaus

Vizualus valdymas, aiškus ir vienodai suprantamas visiems darbuotojams, leidžia greitai identifikuoti proceso nuostolius ir imtis veiksmų juos šalinti.

Standartizavimas	✓ sužymimos darbo priemonių, dokumentų laikymo vietos; ✓ nustatomi švaros standartai; ✓ sukuriamas vizualus standartas, t.y. susitarimas, kokios tvarkos turime laikytis.
Savikontrolė	✓ sukurama sistema ir disciplina, palaikanti sistemą; ✓ nustatytu dažnumu atliekami auditai pagal vizualius standartus. Auditų vertinimas užrašomas auditų lape. Radus neatitikimus imamasi veiksmų jų šalinimui; ✓ atnaujinami ir nuolat tobulinami 5S standartai darbo vietose.

8 pav. 5s metodo žingsniai
Šaltinis: sudaryta darbo autoriaus

Įdiegus 5S negaištamas laikas informacijos ar darbo priemonių paieškai, jas lengva pamatyti, paimti ir grąžinti į joms skirtą vietą. Taip pat išvengiama nereikalingų medžiagų bei priemonių užsakymų.

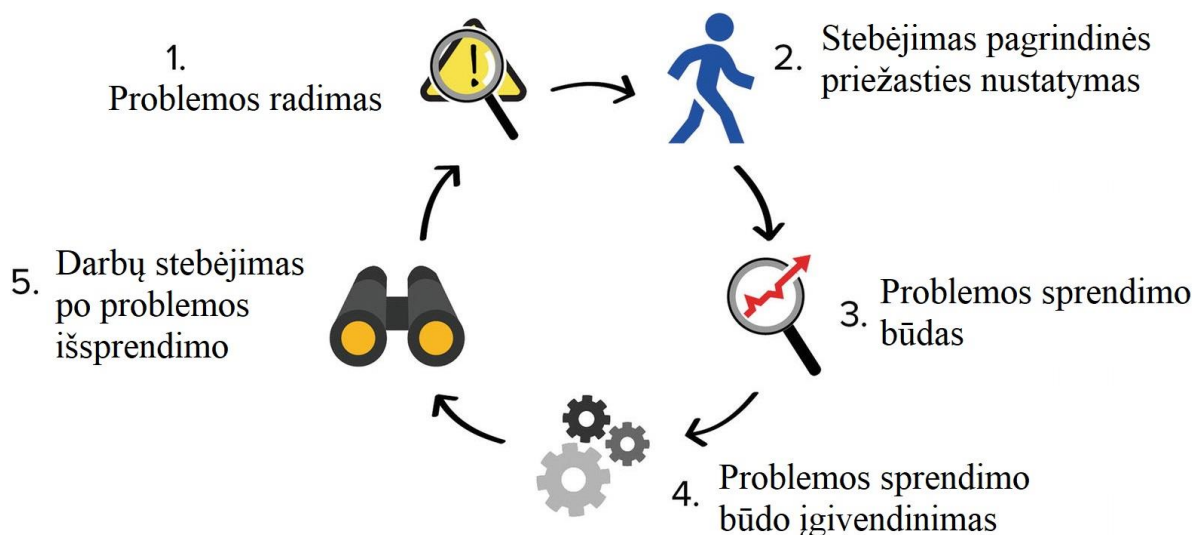
Darbo vietoje įdiegus 5S principus vadovas ar bet kuris kitas darbuotojas per 30 sekundžių turi įvertinti, kaip sekasi darbo vietoje, įvertinant pagrindinius tos darbo vietos veiklos indikatorius. Tai

sukuria aplinką, kurioje darbuotojai gali greitai pastebėti problemas ir nedelsdami imtis veiksmų joms spręsti.

1.6.2 „Lean Gemba“ proceso stebėjimas bei vertinimas

Pagal „Lean Gemba“, metodas – tai vieta, kurioje vyksta procesas ir kuriama vertė, eiti ten, kur yra problema ir žiūrėti: „kas vyksta?“, „kur?“, „kada?“, „kaip dažnai?“, „kodėl?“.

„Gemba“ gali būti dviejų tipų – ėjimas stebėti į proceso atlikimo vietą arba savistaba, t. y. savo paties veiksmų aprašymas, žingsnių trukmių ar nutikusių atvejų užfiksavimas ir pan. Gemba taikoma visuose procesų peržiūros etapuose, problemų sprendime, patobulinimų įgyvendinime. Gembos metu stebimas procesas, ne konkretūs žmonės, renkami faktai. Taikant šį metodą svarbu: 1) iškelti tikslą kaip proceso galimybėms tobulinti; 2) suprasti, pamatyti realiai vykstantį procesą; 3) patikrinti problemos mastą arba nustatyti priežastis surenkant faktus.



9 pav. Gemba problemos paieška, sprendimas

Šaltinis: Dalton, 2019

Gembos metodo metu atliekami stebėjimai ne konkretaus žmogaus bet proceso, stebimas veiksmų atlikimo laikas, ieškoma netolygumų, nevienodumų procesuose, neracionalių ar per sudėtingų operacijų atlikimo būdų, kitų nuostolių, nekuriančių vertės klientui.

Proceso metu būtina viską dokumentuoti, užsirašyti pastebėjimus, surinkti kuo daugiau faktų. Būtina bendrauti su darbo procesą atliekančiu darbuotoju bei atvirai klausyti klausimų kas, kaip, kodėl, kaip dažnai ir pan.

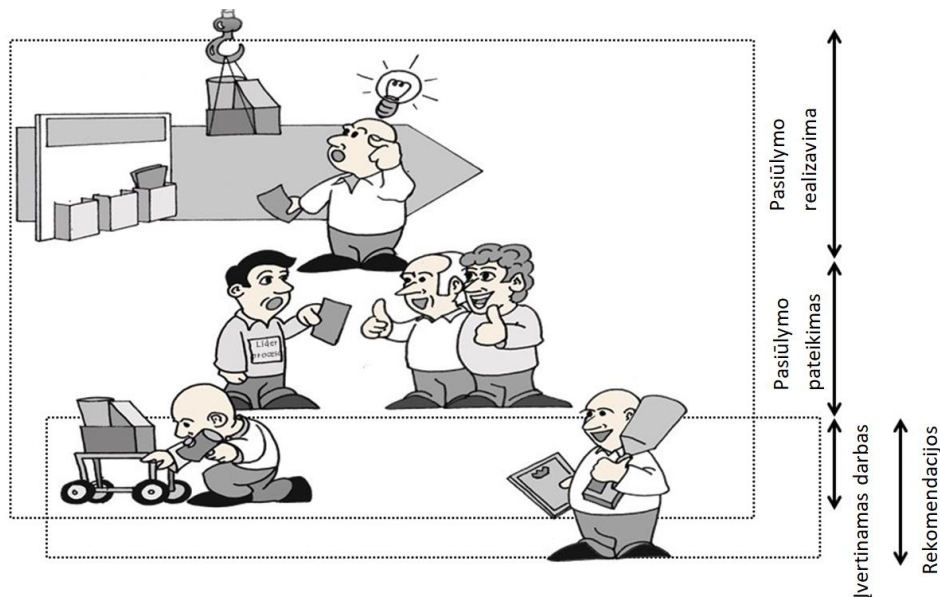
1.6.3 „Lean“ Kaizen Teian nuolatinis tobulėjimas

„Lean“ metodas „Kaizen Teian“ skatina įmonės darbuotojus teikti savo pasiūlymus įmonės darbui tobulinti. Kartu jie apibūdina filosofiją, diktuojančią, kad nedideli, laipsniški pokyčiai, įprastai taikomi ir palaikomi ilgą laiką, duoda didelę naudą verslui.

Pirmasis iššūkis yra nustatyti tobulintiną sritį. Tam reikia suprasti verslą ir atidengti sritį, kurioje atsiranda didelių kliūčių ar vėlavimų. Darbuotojų įtraukimas yra esminis dalykas, nes jie aiškiau supranta netobulumų ar „netvarkos“ sritis įmonėje. Visame procese nuolat įtraukiami darbuotojai iš tikslinės administracinės ar gamybos sričių, kurie padeda atskleisti problemas, papildo komandą bei pateikia savo įžvalgas iš išorės perspektyvos.

Pagrindinė „Kaizen Teian“ vertybė, panašiai kaip ir vidinis verslumas, pabrėžia aktyvų visų darbuotojų įsitraukimą. Nuo generalinių direktorių iki surinkimo linijos darbuotojų, kiekvieno nario vaidmuo įgyvendinant pokyčius ir augimą yra būtinas. Pavyzdžiui, įmonėje tai reiškia nešvaistomą judėjimą. Įrankių stočių nustatymas taip, kad viskas būtų pasiekama ranka, yra paprastas būdas pašalinti nereikalingus veiksmus, o laikui bėgant šis nedidelis pakeitimas reiškia padidėjusį produktyvumą.

Norinti padidinti gamybos, remonto greitį, reikia išklausti darbuotojus, kurie gali pasiūlyti įvairių idėjų, kaip kad gamyboje naudojami grąžtai lūžta kas savaitę, o laikas prarandamas keičiant sugadintą įrangą, kaip tai atrodo, pateikiama 10 pav. Iš čia galima ištirti įmonės darbo priežastis ir sprendimus, analizuojant alternatyvas.



10 pav. Darbo analizavimas bei pasiūlymo pateikimas

Šaltinis: sudaryta darbo autoriaus

Tolesni veiksmai yra būdas išbandyti hipotetinius sprendimus ir stebėti jų sėkmę. Reguliariai stebimas naujas našumas, matuojamas pelnas, siekiant užtikrinti, kad patobulinimai būtų nuolatiniai, o ne tik laikini. Organizacijos gali nuolat tobulinti tikslinę veiklą ir procesus, mokydami iš šių naujų pavykių.

Dažnai nepanaudotas darbuotojų kūrybiškumas išskiriamas kaip vienas iš pagrindinių nuostolių organizacijos viduje. Tarptautinių organizacijų patirtis rodo, jog darbuotojų įtraukimas į procesą ir darbo vietų gerinimą bei tobulinimą atneša didžiules naudas.

1.7 Atitikties normoms svarba

Standartai palengvina darbą verslui ir vartotojams bei daro pasaulį saugesnį. Jie yra naudingi didinant našumą, saugant vartotojų ir darbuotojų sveikatą, aplinką. Standartai padeda įgyvendinti naujas technologijas ir naujoves, užtikrina, kad skirtingų bendrovių teikiami gaminiai, jų dalys bei paslaugos būtų suderinti vieni su kitais (pvz., buitinės technikos laidų kištukai tinkami namuose esantiems elektros lizdams; naudojantis lietuviškais mobiliojo ryšio operatoriais puikiai susišnekėsite ir užsienyje). Tai užtikrina efektyvesnę gamybą ir pašalina kliūtis tarptautinei prekybai. Be to, standartai padeda atverti rinkas ir suteikia užsakovams galimybę palyginti skirtingų tiekėjų pasiūlymus. Vartotojai, įsigydami produktus, kuriuos gaminant buvo taikomi standartai, yra tikri, jog jie saugūs, patikimi, nekenkiantys aplinkai.

Tačiau verta paminėti, jog standartai suteikia naudos verslui. Standartai yra priemonės, padedančios įmonėms atlaikyti iššūkius, su kuriais susiduriama šiuolaikiniame versle. Jie užtikrina, kad verslas būtų veiksmingas, produktyvus, kad įmonėms būtų lengviau patekti į naujas rinkas. Tarptautiniai standartai padeda optimizuoti veiklą, dėl jų prekės ir paslaugos tampa kokybiškos ir saugios, o tai išaugina klientų pasitikėjimą, tuo pačiu – ir pirkimo apimtį bei pelną. Standartai padeda išvengti prekybos kliūčių, didina konkurencinį pranašumą, be to, prisideda prie neigiamo poveikio aplinkai mažinimo.

Taip pat, vertėtų paminėti ir standartų teikiamą naudą visuomenei. Kai kasdien naudojami produktai ar paslaugos atitinka standartus, tuomet galime būti tikri, kad jie yra saugūs, patikimi, kokybiški. Pavyzdžiui, standartai, kurie yra taikomi žaislams, medicinos produktų pakuotėms, eismui ir pan., padeda pasaulį padaryti saugesne vieta, apribojant kenksmingų medžiagų kiekį sudėtyje ar sukuriant visuotinai pripažįstamas eismo taisykles. Standartai, taikomi oro, vandens ir dirvožemio

kokybei, išmetamų dujų ir radiacijos reikalavimams, prisideda prie aplinkos ir žmonių sveikatos saugojimo.

1.8 Turbokompresorių gedimų priežasčių ir pasekmių tyrimai

Pagrindinės turbokompresoriaus gedimo priežastys yra aukštos temperatūros ir slėgio veikimo sąlygos, dideli mechaniniai įtempiai, dideli šiluminiai įtempiai, tepimo trūkumas. Didžiausius gedimus sukelia į turbokompresorių patekusios pašalinės dalelės, veleno gedimo priežastys yra kuomet alyva nesutepa veleno, alyvos vėlavimas, anglies susikaupimas, nevienalytė medžiagos sudėtis, netinkamas pralaidumas guolyje, smūgio apkrova. Dažniausiai naudojami gedimų analizės metodai yra vizualinis tyrimas, neardomieji bandymai (ND), cheminė analizė, metalografinis tyrimas (Baloni and Channiwal, 2017).

Viena iš turbokompresoriaus gedimo priežasčių yra mentės plyšimas, kuris yra pavaizduotas 11 pav., tai rodo, kad į turbokompresoriaus vidų galimai buvo patekęs pašalinis objektas. Kitos mentės gali būti sulenktos, o tai rodo paviršiaus eroziją dėl mentės kontaktų su išoriniu korpusu.



11 pav. Pažeista turbokompresoriaus mentė
Šaltinis: Channiwal, 2017

Pastebima melsvos spalvos juostos ant turbokompresoriaus rotoriaus ašies, kaip parodyta 12 pav. Tai rodo, kad dėl alyvos siurblio gedimo gali atsirasti ankstyvas gedimas dėl tepimo trūkumo. Dėl alyvos tepimo trūkumo turbinos agregato viduje būna per aukšta temperatūra. Anglies nuosėdos ant turbinos šoninio šilumos skydo ir centrinio guolio korpuso, o tai taip pat rodo gedimą dėl turbokompresoriaus viduje išsivysčiusios aukštos temperatūros, o tai gali būti dėl to, kad turbinos mazge nėra tepimo. Viena iš pagrindinių funkcijų yra palaikyti ir sutepti turbokompresoriaus guolį.

Taigi, dėl netinkamo tepimo įvyko ankstyvas veleno gedimas, dėl kurio tepalas negalėjo patekti į guolių korpusą. Dėl šios priežasties nebuvo galimybės išsiskirti šilumai dėl labai didelio turbo veleno sukimosi greičio. Melsva veleno dalis yra vieta, kurioje vyko per didelė trintis, šilumos kaupimasis, todėl

ši vieta greitai susidėvėjo. Anglies kaupimasis guolių korpuse ir turbinos šoniniame šilumos skyde rodo prastos kokybės alyvos naudojimą / nepakankamą aptarnavimą. Tai įvyko dėl bendro siurblio gedimo ir blogos kokybės alyvos naudojimo / nesavalaikio alyvos pakeitimo, dėl šių priežasčių sutrumpėjo turbinos velenas ir susidarė anglies sankaupos ant guolio korpuso ir šilumos skydo. Taigi, vizualiai patikrinus sugedusį komponentą galima aiškiai suprasti gedimo tipą ir jo mechanizmą.



12 pav. Pažeistas rotoriaus velenas

Šaltinis: Channiwal, 2017

Norint išvengti tam tikrų turbokompresoriaus gedimų, būtina naudoti gamintojo rekomendacijas atitinkančias alyvas bei tinkamai surinkti ir laiku atlikti techninį aptarnavimą, kaip nurodyta gamintojo reikalavimuose.

1.8 Turbokompresorių techninės patikros sistemų procesai

1.8.1 Priežiūra ir remontas pagal dirbtą laiką

Techninės priežiūros pagal dirbtą laiką sistema, iš anksto suplanuotais intervalais (išdirbto darbo laiko), atlieka iš anksto nustatytų agregatų bei sistemų remonto darbus, nepriklausomai nuo šių agregatų bei sistemų faktinės būklės. Daroma prielaida, kad iš anksto nustatytu eksploataavimo laiko periodu garantuojamas agregatų ir sistemų darbas ne tik be gedimų, bet ir išlaikant jų išėjimo parametrus reikiamose ribose. Šiuo atveju resursas nustatomas apibendrinus analogiškų lokomotyvų eksploataavimo patirtį, specialių resursinių bandymų rezultatus, gautus bandant kuriamą lokomotyvą tiek natūrinėmis, tiek laboratorinėmis sąlygomis. Tačiau šis metodas neleidžia pakankamai tiksliai prognozuoti resurso, nes daugumos sausumos transporto agregatų bei sistemų gedimų pasiskirstymas darbo laike yra atsitiktinis, todėl neįmanoma tiksliai apibrėžti gedimų intensyvumo kaitos kintant laikui. Techninės priežiūros ir remonto pagal dirbtą laiką strategija reikalauja išvystytos pramonės įmonių eksperimentinės bazės, kuri leistų pagrįsti iki-remontinius kiekvieno tipo gaminių resursus.

Kol lokomotyvas yra remontuojamas, pagrindiniai komponentai ir mazgai yra taisomi, o prireikus keičiami anksčiau taisytais ar naujais agregatais priklausomai nuo nuvažiuoto kilometrų skaičiaus. Elektrinių ir dyzelinių lokomotyvų atveju yra nustatyti šie planinės profilaktinės priežiūros ir remonto tipai: techninės priežiūra (TP-1, TP-2, TP-3), einamasis remontas (ER-1, ER-2, ER-3), kapitalinis remontas (KR-1, KR-2).

TP-1, TP-2 ir TP-3 priežiūra yra periodinė ir skirta stebėti lokomotyvo mazgų, sistemų techninę būklę, kad būtų išvengta eksploatacijos gedimų.

TP-1 techninę priežiūrą atlieka lokomotyvo mašinistai priėmimo bei įrangos pristatymo metu, stotelėse prie geležinkelio stočių. TP-2 techninę priežiūrą paprastai vykdo lokomotyvų techninės priežiūros punktų darbuotojai, TP-3 priežiūra dažniausiai atliekama lokomotyvų remonto depuose. Lokomotyvams atliekami remonto darbai pagal išdirbtą laiką pateikti 1-oje lentelėje.

1 lentelė. Lokomotyvams atliekami remonto darbai pagal išdirbtą laiką

Remonto tipas	Išdirbtas laikas
TP-1, techninė priežiūra	Kiekvieną dieną
TP-2, techninė priežiūra	Kas 24–48 valandas
TP-3, techninė priežiūra	500 m/h
ER1, einamasis remontas	4 000 m/h
ER-2, einamasis remontas	8 000 m/h
ER-3, einamasis remontas	16 000 m/h
KR-1, kapitalinis remontas	30 000 m/h
KR-2, kapitalinis remontas	64 000 m/h

Šaltinis: sudaryta darbo autoriaus remiantis įmonės darbų aprašų duomenimis

1.8.2 Turbokompresoriaus priežiūra ir remontas pagal techninę būklę

Pagal techninę būklę, priežiūros periodiškumas ir apimtis priklauso nuo objekto techninės būklės techninės priežiūros pradžios momentu. Remontuojant pagal techninę būklę, remonto metu atliekamų operacijų sąrašas bei jų apimtis nustatomi remiantis diagnostikos, atliktos prieš remontą bei šio tipo gaminių patikimumo analizės rezultatais. Naudojant techninės priežiūros ir remonto pagal būklę sistemą, agregatų ir sistemų remonto bei pakeitimo darbų apimtis nulemia jų būklė einamuoju momentu, kuri nustatoma nuolat arba periodiškai tikrinant parametrus siekiant išsiaiškinti agregatų ir sistemų būklę

prieš pat atsirandant gedimui. Ši sistema leidžia nuo pat eksploatacijos pradžios palaikyti suplanuotą eksploatacijos intensyvumą (kartu ir našumą) nenutrūkstamai palaikant resursą. Taikant šią sistemą, sunkiausia taip organizuoti kontrolę, kad ankstyvoje stadijoje būtų aptikti pavojingi, keliantys avarinį ar net katastrofišką pavojų, gedimai bei defektai. Tokia sistema gali būti taikoma tik konstrukcijoms, turinčioms pakankamą eksploatacinį ir remonto konstrukcinį technologiškumą, tinkančioms diagnostikos bei nesuardančios kontrolės metodų taikymui.

2. METODIKA

Sausumos transporte, kaip ir kitose transporto priemonėse, yra agregatų, kurie laikui bėgant dėvisi, tad ir paprastoms mašinoms, ir sausumos transportui yra reikalinga techninė priežiūra. Sudaryti kriterijai yra originalūs, nes jų aprašai pateikti remianti asmenine gamybine patirtimi ir šios srities specialistų žiniomis bei pasiūlymais. Siekiant išsiaiškinti turbokompresorių remonto baro techninės priežiūros ir remonto proceso efektyvumui įtakos turinčius veiksnius, buvo sudaryta anketa, remiantis asmenine įmonių vadovų ir darbo autoriaus patirtimi, atskleidžiama, kokie veiksniai turi didžiausią įtaką turbokompresoriaus remonto proceso efektyvumui. Kriterijų svarbai nustatyti buvo pritaikytas analitinis hierarchijų procesų analizinės hierarchijos (AHP) proceso metodas (Saaty, 1980).

Taikant šį metodą, numatytos patogios priemonės, kurios leidžia analizuoti ekspertų įvertinimus. AHP metodas suteikia galimybę ne tik surasti geriausią sprendimą, bet ir kiekybiškai išreikšti prioritetiškumą taikant rangavimo priemones (Trinkūnienė, 2006).

Ekspertinių vertinimų metodo esmė yra ta, kad jis leidžia racionaliai organizuoti ekspertų atliekamą problemų kiekybinį nuomonių įvertinimą ir jų rezultatų apdorojimą, analizę. Apibendrinta ekspertų grupės nuomonė pateikiama kaip problemos sprendinys (sprendimo rezultatas). Jei reikia priimti sprendimą ekspertų vertinimų pagrindu, būtina įvertinti ekspertų nuomonių suderinamumo laipsnį. Labai svarbu nustatyti ekspertų nuomonių suderinamumą taikant daugiakriterinius vertinimo metodus.

Pagal rangų vidurkių transformavimo į svorius (angl. *Average Rank Transformation Into Weight* – ARTIW) metodą nustatomi veiksnų grupių reikšmingumai bei svarba (svoriai). Ekspertų vertinamo objekto kokybės veiksnų normalizuotas (jų sumą prilyginant vienetui) svarbumas (svoriai) gali būti nustatomas skaičiuojant remiantis Sivilevičiaus (2011) siūlomu kiekvieno veiksnio svarbumo rodikliu Q_j . Šis metodas vadinamas ARTIW metodu.

Porinio lyginimo metodas patogu tuo, kad ekspertai gali lyginti rodiklius tarpusavyje po du, o tai yra svarbu lyginant daug rodiklių. Grupinis vertinimas gali būti laikomas pakankamai patikimu tik tada, kai apklausiamų specialistų nuomonės yra suderintos. Todėl statistiškai apdorojant iš ekspertų gautą informaciją, reikėtų įvertinti jų nuomonių suderinamumą ir nustatyti informacijos nevienareikšmiškumo priežastis. Taikant porinio lyginimo metodą, nustatomas kiekvieno eksperto suderinamumo laipsnis, skaičiuojant suderinamumo indeksą ir suderinamumo santykį (Saaty, 1980).

Kriterijų svoriai turi didelę įtaką daugiakriterinio vertinimo rezultatui. Praktikoje dažniausiai taikomi subjektyvūs specialistų ar ekspertų nustatyti kriterijų svoriai. Subjektyvūs svoriai atspindi (rodo)

nagrinėjamos srities kvalifikuotų, turinčių didelę teorinę ir praktinę patirtį bei specialių žinių, ekspertų nuomonę (Zavadskas ir Podvezko, 2016).

Ekspertų tyrimuose apibendrinta (vidutinė) ekspertų grupės nuomonė imama kaip problemos sprendinys (sprendimo rezultatas) tik tada, kai visų ekspertų nuomonės yra suderintos (neprieštaringos). Jei reikia priimti sprendimą pagal ekspertų vidutinį vertinimą, būtina nustatyti jų nuomonių suderinamumo laipsnį, kurį rodo konkordancijos koeficientas W . Konkordancijos koeficientui W skaičiuoti tinka tik respondentų ar ekspertų rodiklių rangai. Jei ekspertų vertinimai yra bet kokio kitokio pavidalo (pavyzdžiui balais), juos reikia ranguoti (Maskeliūnaitė ir Sivilevičius, 2012).

Anketos įteikiamos ekspertams (kurių darbas yra susijęs su turbokompresorių technine priežiūra ir remontu). Ekspertams išdalytos tyrimo anketos pateiktos priede E. Tyrime dalyvauja tik Lietuvos piliečiai, o tyrime dalyvavusių asmenų duomenys pateikti 2 lentelėje.

2 lentelė. Ekspertų charakteristikos

Charakteristika	Skaičius
Lytis	Vyrai (9)
Išsilavinimas	Aukštasis (9)
Amžius nuo	24 iki 60 metų (n)
Darbo patirtis nuo	1 metų iki 11 metų

Šaltinis: sudaryta darbo autoriaus

Apklausa vyko nuo 2020 m. gruodžio mėnesio iki 2021 m. vasario mėnesio. Veiksnių aprašas pateiktas anketoje, kurioje kiekvienam iš jų ekspertai suteikė skirtingus rangus (pasikartojančių rangų anketoje nėra). Atlikus rangavimą veiksniai lyginami AHP metodu. Grupės ekspertų nuomonių suderinamumui nustatyti taikomas rangų koreliacijos metodas (Kendall ir Gibbons, 1990).

Kendall'o (1970) konkordancijos koeficiento idėja susieta su kiekvieno j -ojo rodiklio (kriterijaus) rangų R_j , kuriuos suteikė n ekspertų, suma ($j = 1, 2, \dots, m$):

$$R_j = \sum_{i=1}^n R_{ij} ; \quad (1)$$

tiksliau, su dydžių R_j nuokrypiu nuo bendro rangų vidurkio $\bar{R}$ kvadratų suma S (dispersijos analogas):

$$R_j = \sum_{i=1}^n (R_j - \bar{R})^2 ; \quad (2)$$

čia R_j – j-ojo kriterijaus suteiktą rangų suma, $\bar{R}$ – vidutinis kiekvieno kriterijaus rangas. Vidutinis kiekvieno kriterijaus rangas $\bar{R}$ gaunamas jam ekspertų suteiktų rangų sumą dalijant iš kriterijų skaičiaus m :

$$\bar{R}_j = \frac{\sum_{i=1}^n R_{ij}}{n} = \frac{\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n R_{ij}}{m} = \frac{n(m+1)}{2}, \quad (3)$$

čia R_{ij} – i-ojo respondento (eksperto) j-ajam kriterijui suteiktas rangas, n – respondentų (ekspertų) skaičius ($i = 1, 2, \dots, n$); m – kriterijų skaičius ($j = 1, 2, \dots, m$). Jei S yra reali kvadratų suma, apskaičiuota pagal (2) formulę, tai konkordancijos koeficientas W , kai nėra susietų rangų, apibūdinamas gautos S ir atitinkamos didžiausios $S_{\max}$ santykiu (Kendall ir Gibbons, 1990).

$$W = \frac{9S}{n^2 m(m^2 - 1)} = \frac{9S}{n^2 (m^3 - m)}; \quad (4)$$

čia m – kriterijų skaičius ($j = 1, 2, \dots, m$); n – respondentų (ekspertų) skaičius ($i = 1, 2, \dots, n$), S – vidutinio rango kvadratų suma. Jei respondentų ar ekspertų nuomonės suderintos, konkordancijos koeficiento W reikšmė yra arti vieneto, jei vertinimai labai skiriasi – W reikšmė yra arti nulio. Kiekvieno kriterijaus rangų R_{ij} nuokrypių nuo vidutinio rango kvadratų sumą S patogiau skaičiuoti pagal formulę:

$$S = \sum_{j=1}^m [\sum_{i=1}^n R_{ij} - \frac{1}{2} n(m+1)]^2; \quad (5)$$

čia m – kriterijų skaičius ($j = 1, 2, \dots, m$); n – respondentų (ekspertų) skaičius ($i = 1, 2, \dots, n$).

Atsitiktinio dydžio S vertė skaičiuojama sudėjus visiems kriterijams laužtiniuose skliaustuose pateiktas ir kvadratu pakeltas vertes (23) formulė.

Konkordancijos koeficientas gali būti taikomas praktikoje, jei nustatyta jo ribinė reikšmė rodanti, kada ekspertų vertinimus dar galima laikyti suderintais. Kendall (1970) įrodė, kad jeigu objektų (kriterijų) skaičius $m > 7$, konkordancijos koeficiento W reikšmingumas gali būti nustatytas naudojant χ^2 (chi-kvadrato) Pirsono kriterijų.

Atsitiktinis dydis:

$$X^2 = Wn(m-1) = \frac{15S}{nm(m+1)}; \quad (6)$$

pasiskirstęs pagal χ^2 skirstinį su $v = m - 1$ laisvės laipsniu. Pagal pasirinktą reikšmingumo lygmenį (angl. *confidence level*) α (praktikoje α reikšmė imama 0,05 arba dar griežtesnė 0,01) iš χ^2

skirstinio lentelės su $v = m - 1$ laisvės laipsniu randama kritinė reikšmė $\chi^2_{v,\alpha}$. Jei apskaičiuota pagal (24) formulę χ^2 reikšmė didesnė už $\chi^2_{v,\alpha}$, tai rodo, kad ekspertų (respondentų) vertinimai suderinti.

Kai lyginamų rodiklių (kriterijų) skaičius m yra nuo 3 iki 7, skirstinį χ^2 reikia taikyti atsargiai, nes skirstinio kritinė $\chi^2_{v,\alpha}$ vertė gali būti didesnė už apskaičiuotą, nors ekspertų nuomonių suderinamumo lygis yra dar pakankamas. Tokiu atveju galima taikyti konkordancijos koeficiento tikimybinės lentelės arba kritinių reikšmių S lentelės (su $3 \leq m \leq 7$) (Podvezko, 2005).

Mažiausią konkordancijos koeficiento $W_{\min}$ reikšmę, kuriai esant galima teigti, kad visų n ekspertų nuomonės apie iš m palyginamų kriterijų sudaryto tiriamojo objekto kokybę su nustatytuoju (reikiamu) reikšmingumo lygmeniu α ir laisvės laipsniu $v = m - 1$ yra suderintos, galima apskaičiuoti taikant šią formulę (Sivilevičius, 2012):

$$W_{\min} = \frac{\chi^2_{v,\alpha}}{n(m-1)}; \quad (7)$$

čia: $\chi^2_{v,\alpha}$ – kritinė Pirsono statistika, kurios vertė randama lentelėje (Montgomery, 2013), imant laisvės laipsnį $v = m - 1$ ir reikšmingumo lygmenį α .

Ekspertų vertinamo objekto kokybės veiksnių normalizuotas (jų sumą prilyginant vienetui) svarbumas (svoriai) gali būti nustatomas skaičiuojant autoriaus (Sivilevičius, 2011) siūlomą kiekvieno veiksnio svarbumo rodiklį Q_j .

$$Q_j = \frac{(m+1) - \bar{R}_j}{\sum_{j=1}^m \bar{R}_j}. \quad (8)$$

Tikrinis vektorius (AHP) metodu apskaičiuojamas 4 žingsniais. (Шикин и Чхартишвили, 2000). Iš pagrindinė lentelės duomenų surandamas tikrinis vektorius. Tikrinio vektoriaus skaičiavimo eiga ir kiekvieno skaičiavimo žingsnio rezultatai pateikti sekančioje lentelėje.

Kiekvienos eilutės elementai sudauginami ir gauti rezultatai surašomi eilute:

$$\omega_i'' = \prod_{j=1}^m a_{ij}. \quad (9)$$

Iš kiekvienos gautos eilutės elemento ištraukiame m -ojo laipsnio šaknį (lyginamų rodiklių skaičiaus $m = 4$, todėl traukiama 4-ojo laipsnio šaknis), gaunamas normalizuotų reikšmių geometrinis vidurkis. Gauti rezultatai surašomi eilute:

$$\omega'_i = \sqrt[m]{\prod_{j=1}^m a_{ij}}. \quad (10)$$

Sudedami šios eilutės elementai:

$$\sum_{i=1}^m \omega'_i = \sum_{i=1}^m \sqrt[m]{\prod_{j=1}^m a_{ij}}. \quad (11)$$

Kiekvienas šios eilutės elementas dalijamas iš gautos sumos, t.y. reikšmės normalizuojamos:

$$\omega_i = \frac{\sqrt[m]{\prod_{j=1}^m a_{ij}}}{\sum_{i=1}^m \sqrt[m]{\prod_{j=1}^m a_{ij}}}; \quad (12)$$

$$\sum_{i=1}^m \omega_i = 1. \quad (13)$$

Taigi, tikrinis vektorius ω yra surastas (4 žingsnis). Visų jo elementų suma yra lygi vienetui.

Surandamas reikšmių aritmetinis vidurkis, kuris yra lygus matricos didžiausiai tikrinei vertei (angl. *largest eigenvalue of matrix*) $\lambda_{\max}$.

$$\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^9 \frac{1}{n} \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij} \omega_j}{\omega_i}. \quad (14)$$

Žinoma, kad atvirkštinės simetrinės n eilės matricos didžiausia tikrinė reikšmė (angl. *maximum eigenvalue*) $\lambda_{\max} \geq n$. Kuo artimesnis $\lambda_{\max}$ kriterijų skaičius n (lyginamų TS elementų sąveikų skaičiui), tuo labiau suderintas rezultatas.

Apskaičiuojamas suderinamumo indeksas (angl. *consistency index C.I.*), kuris apibrėžiamas taip:

$$C.I. = \frac{\lambda_{\max} - m}{m-1}; \quad (15)$$

Matricos suderinamumo indekso C.I. ir atsitiktinio indekso vidurkio R.I., imamo iš lentelės (Saaty, 1980), santykis vadinamas suderinamumo santykiu C.R., rodančiu matricos suderinamumo laipsnį:

$$C.R. = \frac{C.I.}{R.I.} \quad (16)$$

Matrica laikoma suderinta, jeigu santykio C.R. reikšmė mažesnė už 0,1.

Atliekamame tyrime darbo autorius remiasi teoriniais skaičiavimais, pastebėjimais bei kitų autorių mokslo darbais, rezultatuose bus pateikiami teoriniai skaičiavimai, pateikiami siūlymai kaip padidinti turbokompresoriaus techninės priežiūros ir remonto efektyvumą. Kadangi įmonės dažniausiai stengiasi sutaupyti, jos pritaiko kelis įrenginius skirtingiems remonto darbams atlikti, todėl gali sumažėti atliekamų remontų darbų efektyvumas. Kadangi atliekant šį tyrimą įmonės planuose nėra investavimo į tam tikras remonto sritis, neplanuojama investuoti į naujus įrankius ar įrenginius remonto darbams atlikti, darbo autorius remdamasis teoriniais skaičiavimais, pastebėjimais paskaičiuos, kiek laiko bei pinigų būtų sutaupyta jei būtų pritaikyti darbo autoriaus pastebėjimai atlikus tyrimą, jei įrenginiai būtų nupirkti bei koks jų atsiperkamumo terminas per metus.

3. TURBOKOMPRESORIŲ TECHININĖS PRIEŽIŪROS IR REMONTO EFEKTYVUMO TYRIMAS

3.1 Tyrimo struktūra

Ekspertui pateikiama sudaryta anketa, kurioje yra aiškiai suformuluotas tyrimo tikslas ir kreipimasis į ekspertą – ko iš jo norima. Pateikiami kriterijų žymenys ir jų aprašas, t.y. lingvistinės formuluotės. Pradžioje kriterijai suranguojami pagal svarbą, po to pildoma porinio lyginimo matrica kriterijus tarpusavyje lyginant po du pagal Saaty svarbos intensyvumo visą skalę (nuo 1 iki 9) (3 lentelė).

3 lentelė. Kriterijų tarpusavio intensyvumas

Svarbos lygis	Apibrėžimas
1	veiksniai vienodai svarbūs
3	vienas veiksnys trupuči svarbesnis už kitą
5	vienas veiksnys daug svarbesnis už kitą
7	vienas veiksnys labai daug svarbesnis už kitą
9	vienas veiksnys nepalyginamai svarbesnis už kitą
2,4,6,8	tarpinės reikšmės

Šaltinis: Sukurta darbo autoriaus

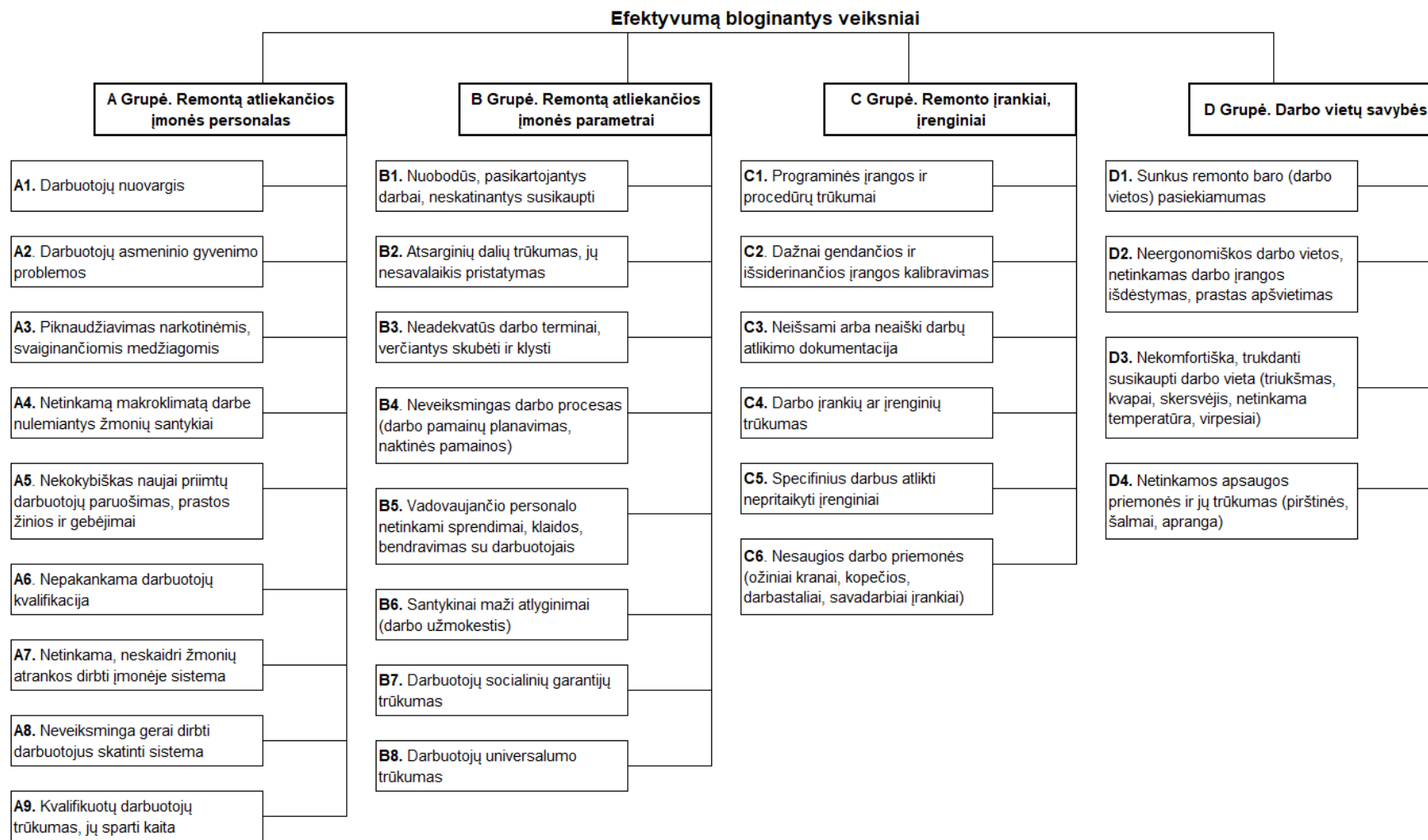
Skalė parenkama pagal svarbiausio ir mažiausiai svarbaus kriterijų tarpusavio intensyvumą, kuris nesiejamas su kriterijų, sudarančių tiriamąjį objektą, skaičiumi. Užpildžius matricą, skaičiuojamas tikrinis vektorius ω_i , kuris pagal Saaty pateiktą teoriją pagrįstai gali būti imamas kaip kriterijaus subjektyvus normalizuotas svoris. Tikrinamas matricos suderinamumas tam skaičiuojant didžiausią tikrinę reikšmę $\lambda_{\max}$, suderinamumo indeksas C.I. ir suderinamumo santykį C.R.

Porinio lyginimo metodu, remiantis ekspertų (specialistų) nuomonėmis bei patirtimis, nustatomi efektyvumo rodiklių reikšmingumai. Efektyvumo rodiklių reikšmingumų reikšmėms gauti reikia informacijos, gaunamos poromis lyginant rodiklius ir nustatant jų tarpusavio svarbos intensyvumą. Prioritetiškumui nustatyti verta naudotis reikšmingumų skale, kurią nurodo T. Saaty (Saaty, 1997; Ustinovičius, Jakučionis, 1998).

Apklausa atlikta naudojant sudarytą klausimyną, veiksnius, bloginančius turbokompresorių remonto baro techninės priežiūros ir remonto proceso darbų kokybę, įvertino 9 ekspertai. Jiems buvo išdalintos anketos formos, kuriose jie surangavo veiksnius bloginančius turbokompresorių remonto

baro techninės priežiūros ir remonto proceso darbų kokybę, nuo **1 iki 27**. Po to kiekvienas ekspertas, poromis lygindamas visus kriterijus, suteikė tarpusavio svarbos lygius nuo 1 iki 9 ir juos surašė anketoje. Teisingai užpildžius šią porinio lyginimo matricą įrodoma, kad žmogaus (eksperto) mintys neprieštarauja viena kitai ir jo suranguoti veiksniai turi nuoseklumą, kai suderinamumo santykis $C. R. < 0,1$.

3.2 Anketos struktūra



13 pav. Turbokompresoriaus remonto efektyvumą bloginančių veiksnių hierarchijos struktūra
Šaltinis: Sudaryta darbo autoriaus

3.3 Grupės ekspertų, veiksnų grupių reikšmingumų nuomonių suderinamumas, taikant ARTIW metodą

Ekspertų nuomonės apie veiksnų grupių reikšmingumą, svarbą (pirmumą) rangai buvo panaudoti skaičiuojant rangų vidurkius R_j , konkordancijos koeficientą W , kritinę Pirsono statistiką (angl. *Pearson chi-square statistic*) χ^2 ir pateikti 4-oje lentelėje. veiksnų grupių reikšmingumai, vidutinį rangą R_j patogiu skaičiuoti naudojant skaičiavimo veiksnų 3 lentelę.

4 lentelė. Veiksnų grupių reikšmingumai, ekspertų rangai R_{ij}

Eksperto kodas $i=1,2,\dots,n$	Veiksnų grupių reikšmingumai, žymuo, $j=1,2,\dots,m$				Rangų suma
	A	B	C	D	
E1	1	4	2	3	10
E2	4	1	2	3	10
E3	2	3	1	4	10
E4	1	3	2	4	10
E5	3	2	1	4	10
E6	3	1	2	4	10
E7	1	2	3	4	10
E8	1	2	3	4	10
E9	4	2	1	3	10
$\sum_{i=1}^n R_{ij} = R_i$	20	20	17	33	90
$\bar{R}_j = \sum_{i=1}^n R_{ij}/n$	2,22222	2,22222	1,88889	3,66667	10
$\sum_{i=1}^n R_{ij} - \frac{n(m+1)}{2}$	-2,5	-2,5	-5,5	10,5	0
$\left[\sum_{i=1}^n R_{ij} - \frac{1}{2}n(m+1) \right]^2$	6,25	6,25	30,25	110,25	153

Šaltinis: sudarytas darbo autoriaus

Veiksnių grupių reikšmingumai, bendra rangų suma:

$$\sum_{i=1}^9 R_j = 90; \quad (17)$$

visų j rangų vidurkių R_j suma:

$$\sum_{i=1}^9 \bar{R}_j = 10. \quad (18)$$

Veiksnių rangų vidurkis apskaičiuotas arba gaunamas jam ekspertų suteiktą bendrą rangų sumą dalijant iš veiksmų skaičiaus m:

$$\sum_{i=1}^9 \bar{R}_j = \frac{90}{10} = 9. \quad (19)$$

Kvadratų nuokrypių suma pagal (5) formulę:

$$S = 153. \quad (20)$$

Naudojant ekspertų apklausos duomenis ir skaičiuojant pagal (6) formulę, χ^2 :

$$\chi^2 = \frac{9 \cdot 153}{9 \cdot 4(4+1)} = 7,65. \quad (21)$$

Kritinė reikšmė $\chi^2_{v,\alpha}$, paimta iš (chi-square distribution) skirstinio lentelės su $v = 4 - 1 = 3$ laisvės laipsnių ir reikšmingumo lygmeniu $\alpha = 0,1$, yra 6,25. Empirinė reikšmė $\chi^2 = 7,65$ yra didesnė už kritinę $\chi^2_{v,\alpha} = 6,25$. Tai rodo, kad ekspertų vertinimai suderinti (Čekanavičius, Murauskas 2004).

Ekspertų nuomonių suderinamumą rodantis konkordancijos koeficientas W, apskaičiuotas pagal (4) formulę:

$$W = \frac{9 \cdot 153}{9^2(4^3 - 4)} = 0,28. \quad (22)$$

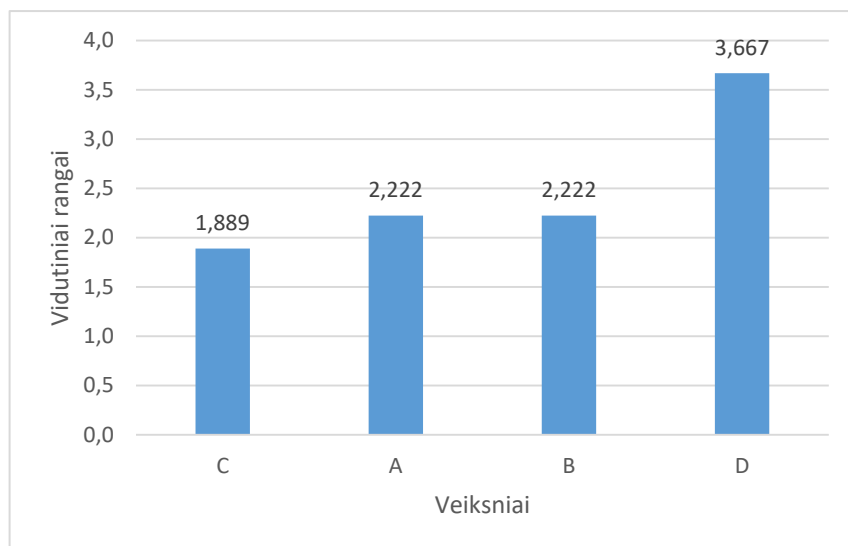
Mažiausia konkordancijos koeficiento $W_{\min}$ reikšmė apskaičiuojama pagal (7) formulę:

$$W_{\min} = \frac{6,25}{9(4-1)} = 0,23. \quad (23)$$

Apskaičiuotasis (empirinis) konkordancijos koeficientas $W = 0,28$ yra didesnis už minimalią jo reikšmę $W_{\min} = 0,23$, kuriai esant galima laikyti, kad ekspertų nuomonės veiksmų grupės reikšmingumui yra suderintos.

Jeigu ekspertų nuomonės suderintos, konkordancijos koeficiento W reikšmė yra arti vienetui, jeigu vertinimai labai skiriasi – W reikšmė yra arti nulio.

Ekspertų nuomonės apie veiksnių grupių reikšmingumą vidutinių rangų $\bar{R}_j$ apskaičiuotųjų verčių stulpelinė diagrama pateikta 14 pav.



14 pav. Ekspertų nuomonės apie, veiksnių grupių reikšmingumą: vidutinis rangas stulpelinė diagrama, rangų koreliacijos metodas
Šaltinis: sudaryta darbo autoriaus

Gaunama tokia prioritetinga išraiška (nuo svarbiausio veiksnio iki mažiausiai svarbaus): $C > A > B > D$.

Pagal kitą metodiką nustatoma veiksnių grupių reikšmingumai, svarba (svoriai). Ekspertų vertinamo objekto kokybės veiksnių normalizuotas (jų sumą prilyginant vienetui) svarbumas (svoriai) gali būti nustatomas skaičiuojant autoriaus (Sivilevičius, 2011) siūlomą kiekvieno veiksnio svarbumo rodiklį Q_j . Šis metodas vadinamas ARTIW metodu. Tam taikoma autoriaus pateikta formulė, iš kurios veiksnių grupių reikšmingumo, veiksnio (C) svarba apskaičiuojama pagal (8) formulę (duomenys imami iš 4 lentelės):

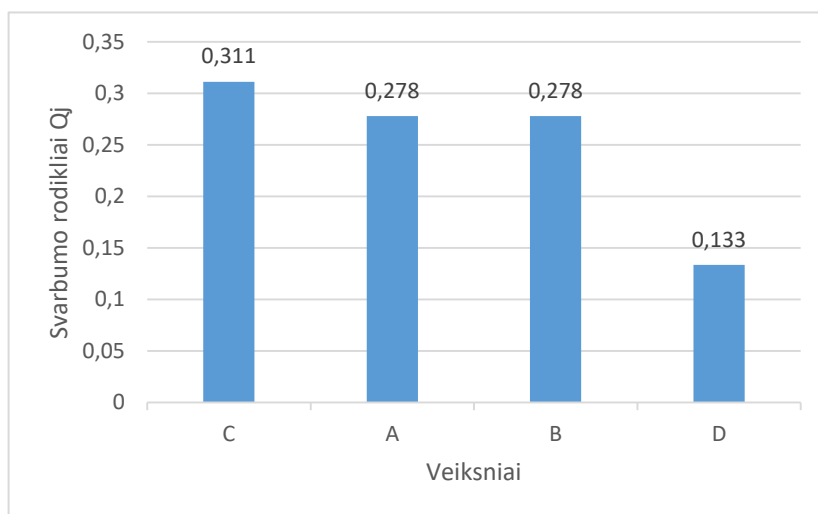
$$Q_j = \frac{(m+1) - \bar{R}_j}{\sum_{j=1}^m \bar{R}_j} = \frac{(4+1) - 1,889}{10} = 0,3111. \quad (24)$$

čia: m – kriterijų skaičius ($j = 1, 2, \dots, m$), $\bar{R}_j$ – j -ojo kriterijaus vidutinis rangas, apskaičiuotas pagal (3) formulę. Visų veiksnių svarbos rezultatai surašyti 5 lentelėje ir pagal svarbumą pateikti 15 pav.

5 lentelė. Veiksnių svarbos rezultatai

Rodiklis	Veiksniai			
	C	A	B	D
Svarbumo rodiklis Q_j	0,3111	0,27778	0,27778	0,1333

Šaltinis: sudarytas darbo autoriaus



15 pav. Normalizuoti veiksnių svarbumai (svoriai), ARTIW metodas

Šaltinis: sudarytas darbo autoriaus

Gaunama tokia prioritetinga išraiška (nuo svarbiausio veiksnio iki mažiausiai svarbaus): $C > A > B > D$.

3.3.1 Ekspertų nuomonė apie veiksnių grupių reikšmingumą, taikant AHP metodą

Veiksnių grupių reikšmingumui vertinti buvo nustatyti 4 veiksniai. Ekspertams buvo įteiktos veiksnių porinio lyginimo anketos. Užpildytas vieno eksperto porinio lyginimo matricos pavyzdys pateiktas 6 lentelėje.

6 lentelė. Užpildyta eksperto veiksnių, porinio lyginimo matrica

Elementų sąveikos veiksnio		Rangas	Veiksnyje $j = 1, 2, \dots, n$				Tikrinis vektorius ω_i
			A	B	C	D	
Veiksnyje $i = 1, 2, \dots, n$	A	1	1	7	2	5	0,51460
	B	4	1/7	1	1/6	1/4	0,04942
	C	2	1/2	6	1	3	0,30814
	D	3	1/5	4	1/3	1	0,12785

Šaltinis: sudarytas darbo autoriaus

Reikia surasti tikrinį vektorių. Tikrinis vektorius apskaičiuojamas 4 žingsniais. (Шикин и Чхартишвили, 2000). Iš 6 lentelės duomenų surandamas tikrinis vektorius. Tikrinio vektoriaus skaičiavimo eiga ir kiekvieno skaičiavimo žingsnio rezultatai pateikti 6-oje lentelėje.

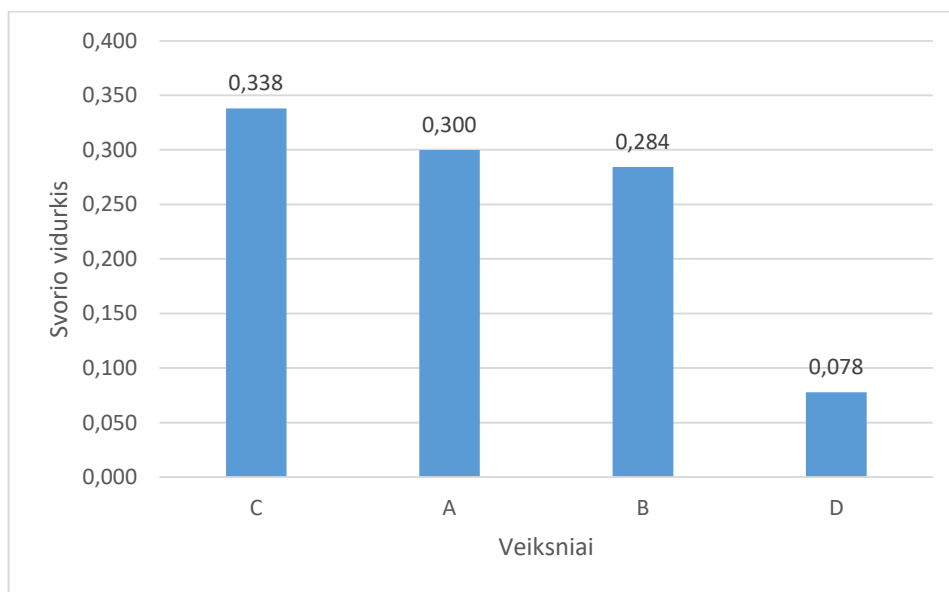
Visi ekspertų tikrinių vektorių skaičiavimo rezultatai pateikti 7 lentelėje.

7 lentelė. Tikrinių vektorių skaičiavimo rezultatai AHP metodu

Veiksniai	Eksperto Nr.									Svorių suma	Svorio vidurkis	Prioritetas
	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
A	0,51	0,04	0,28	0,49	0,13	0,13	0,49	0,57	0,04	2,70	0,3000	2
B	0,05	0,55	0,13	0,12	0,30	0,52	0,31	0,27	0,31	2,56	0,2843	3
C	0,31	0,28	0,54	0,34	0,50	0,28	0,15	0,12	0,53	3,04	0,3381	1
D	0,13	0,13	0,05	0,05	0,06	0,07	0,05	0,04	0,12	0,70	0,0777	4
Suma	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	9,00	1,0000	10

Šaltinis: sudarytas darbo autoriaus

Iš surastų svorio vidurkių, pateiktų 7 lentelėje, braižoma svorio vidurkių stulpelinė diagrama (16 pav.

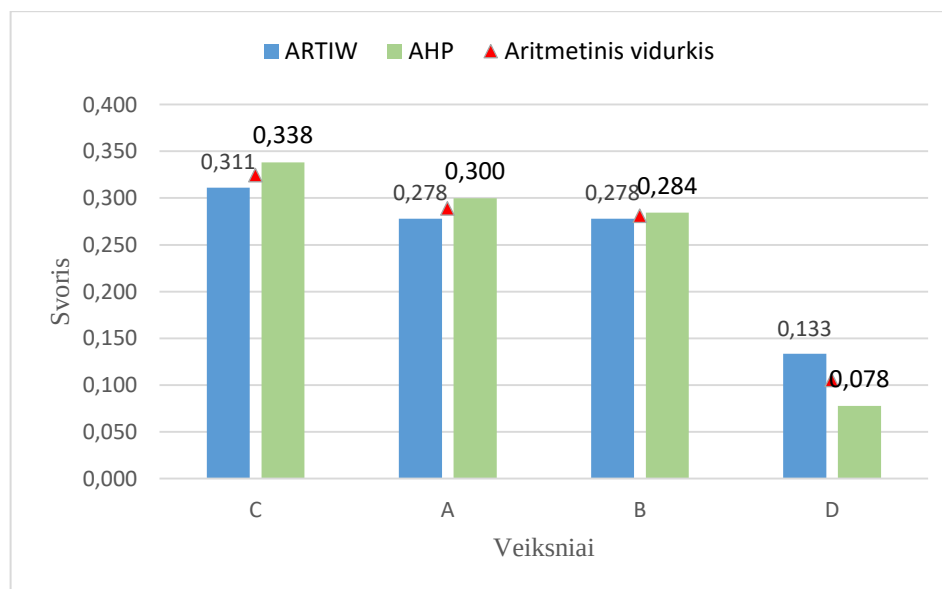


16 pav. Ekspertų nuomonės apie veiksmų grupių reikšmingumą: svorio vidurkių stulpelinė diagrama, AHP metodas

Šaltinis: sudaryta darbo autoriaus

Gaunama tokia prioritetinga išraiška (nuo svarbiausio veiksnio iki mažiausiai svarbaus): $C > A > B > D$.

Iš dviem skirtingais metodais gautų rezultatų sudaroma viena rezultatų palyginimo diagrama, rezultatai pavaizduoti 17 pav.



17 pav. Ekspertų nuomonės apie, veiksnių grupių reikšmingumą, svorių rezultatų lyginamoji stulpelinė diagrama, ARTIW ir AHP metodais

Šaltinis: sudaryta darbo autoriaus

Šis grafikas rodo, kad ARTIW ir AHP metodais nustatyti kriterijų svoriai turi tą pačią tendenciją: svarbiausias kriterijus yra C o mažiausiai svarbus D, tačiau jų svorių reikšmės skiriasi. AHP metodu nustatytų svarbiausių kriterijų svoriai daugiau skiriasi nuo mažiausiai svarbių kriterijų svorių nei šių kriterijų svoriai nustatyti ARTIW metodu. AHP metodas yra jautresnis pačių pirmų svarbiausių kriterijų radimui, todėl skirtumas tarp AHP ir ARTIW metodo svarbiausių kriterijų rezultatų gana didelis.

Sudedami kiekvieno veiksnio metodų (AHP ir ARTIW) rezultatai ir padalijami iš 2, taip nustatomi ir pažymimi 5 diagramoje raudonu trikampiu apskaičiuoti abiejų metodų aritmetiniai vidurkiai (galutinis rezultatas), svarbiausio kriterijaus svarbumo rodiklis yra $Q_j = 0,324$, mažiausiai svarbaus kriterijaus svarbumo rodiklis yra $Q_j = 0,105$.

Randama didžiausia tikrinė šios matricos reikšmė $\lambda_{\max}$. Dauginama iš tikrinio vektoriaus ω . Sudauginami 6 lentelės pirmos eilutės elementai iš tikrinio vektoriaus ω :

$$1 \cdot 0,51460 + 7 \cdot 0,04942 + 2 \cdot 0,30814 + 5 \cdot 0,12785 = 2,11607. \quad (25)$$

Padalijus surastos eilutės pirmą elementą iš atitinkamo (pirmo) pradinės dauginamosios eilutės elemento, gaunama:

$$\frac{2,1160}{0,51460} = 4,112000. \quad (26)$$

Randamas jų aritmetinis vidurkis pagal (14) formulę. Gaunama:

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{4}(4,11200 + 4,1737 + 4,0418 + 4,1545) = 4,12053. \quad (27)$$

Gaunama, kad didžiausia tikrinė reikšmė $\lambda_{\max} = 4,12053$.

Žinoma, kad atvirkštinės simetrijos m eilės matricos didžiausia tikrinė reikšmė $\lambda_{\max} \geq m$. Šiuo atveju lyginimo matricos eilė arba lyginamųjų veiksmių skaičius $m = 4$. Tuo pačiu $4,12053 \geq 4$. Sąlyga tenkinama.

Skaiciuojamas suderinamumo indeksas pagal (15) formulę, kuris apibrėžiamas taip:

$$C.I. = \frac{4,12053 - 4}{4 - 1} = 0,04018. \quad (28)$$

Matricos suderinamumas tuo geresnis, kuo mažesnė C.I. reikšmė. Idealiu atveju C.I. = 0.

8 lentelė. Eksperto tikrinio vektoriaus skaičiavimo eiga ir kiekvieno skaičiavimo žingsnio rezultatas

Tikrinės reikšmės vektoriaus skaičiavimo rezultatai	Vertinimo rodiklio (veiksnių) raidė				Žingsnis
	A	B	C	D	
	Tikrinės reikšmės vektoriaus skaičiavimo rezultatai				
1	2	3	4	5	6
1-as žingsnis	ω_1''	ω_2''	ω_3''	ω_4''	
Kiekvienos eilutės elementai sudauginami ir gauti rezultatai surašomi eilute $\omega_i'' = \prod_{j=1}^m a_{ij}$					
Sudauginame veiksmių svarbos pirmos eilutės elementus	$\omega'' = 1 \cdot 7 \cdot 2 \cdot 5 = 70$				
Veiksmių svarbos elementų sandauga tokia:	70	0,00595	9	0,26667	1- ojo žingsnio rezultatai

8 lentelės tęsinys

2-as žingsnis	ω_1''	ω_2''	ω_3''	ω_4''	
Iš kiekvienos gautos eilutės elemento ištraukiame m-ojo laipsnio šaknį (lyginamų rodiklių skaičius m, todėl traukiame m-ojo laipsnio šaknį) $\omega_i' = \sqrt[m]{\prod_{j=1}^m a_{ij}}$					
Iš gautos eilutės pirmojo elemento ištraukiame m-ojo laipsnio šaknį	$\omega_i' = \sqrt[m]{\omega''} \approx 2,89251$				
Iš gautos eilutės m elementų ištraukiame m-ojo laipsnio šaknį:	2,892508	0,277762	1,732051	0,718608	2-ojo žingsnio rezultatai
Sudedame šios eilutės elementus $\sum_{i=1}^m \omega_i' = \sum_{i=1}^m \sqrt[m]{\prod_{j=1}^m a_{ij}}$	$\omega_i' = 5,620929$				3-ojo žingsnio rezultatai
4-as žingsnis	ω_1''	ω_2''	ω_3''	ω_4''	
Kiekvienos šios eilutės elementas dalijamas iš gautos sumos $\omega_i = \frac{\sqrt[m]{\prod_{j=1}^m a_{ij}}}{\sum_{i=1}^m \sqrt[m]{\prod_{j=1}^m a_{ij}}}$					
Pirma šios eilutės elementą dalijame iš gautos sumos	$\omega_1 = \frac{2,892507}{5,620929} = 0,514596$				
Padaliję m šios eilutės elementą iš gautos sumos, gauname:	0,51459	0,04941	0,30814	0,1278	

Šaltinis: sudaryta darbo autoriaus

9 lentelė. Ekspertų didžiausia tikrinė reikšmė λ_{max} , suderinamumo santykis C.R., matricos suderinamumo indeksas C.I., atsitiktinis indeksas R.I..

Rodiklis	Eksperto Nr.								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Didžiausia tikrinė reikšmė λ_{max}	4,121	4,084	4,085	4,151	4,127	4,012	4,152	4,126	4,073
Matricos suderinamumo indeksas C.I.	0,040	0,028	0,028	0,050	0,042	0,004	0,051	0,042	0,024
Suderinamumo santykis, C.R.	0,045	0,032	0,032	0,056	0,047	0,005	0,057	0,047	0,027
Atsitiktinis indeksas, R.I.	0,89								

Šaltinis: sudaryta darbo autoriaus

Matricos suderinamumo indekso C.I. ir atsitiktinio indekso vidurkio R.I., imamo iš lentelės (Saaty, 1980), santykis vadinamas suderinamumo santykiu C.R., rodančiu matricos suderinamumo laipsnį ir skaičiuojamas pagal (16) formulę:

$$C.R = \frac{C.I}{R.I} = \frac{0,04018}{0,89} = 0,04515. \quad (29)$$

Matrica bus suderinta, jeigu santykio C.R. reikšmė mažesnė arba lygi 0,1. Kadangi $0,04515 < 0,1$, matrica yra suderinta. Visų ekspertų didžiausios tikrinės reikšmės λ_{max} , suderinamumo santykių C.R., matricos suderinamumo indeksų C.I., atsitiktinis indeksas R.I. pateiktas aukščiau esančioje 9 lentelėje.

3.3.2 Ekspertų veiksmų grupių reikšmingumo, nuomonių suderinamumas

Veiksmų grupių reikšmingumo (devynių ekspertų) konkordancijos koeficientas W, apskaičiuotas pagal (4) formulę, yra $W = 0,28333$. Skaičiuojant pagal (6) formulę, gaunama $\chi^2 = 7,65$, o kritinė $\chi_{v,\alpha}^2$ reikšmė, paimta iš (chi-square distribution) skirstinio lentelės su $v = 4 - 1 = 3$ laisvės laipsnių ir reikšmingumo lygmeniu $\alpha = 0,1$, yra 6,25. Empirinė reikšmė $\chi^2 = 7,65$ yra didesnė už kritinę $\chi_{v,\alpha}^2 = 6,25$ todėl ekspertų nuomonės yra suderintos. Mažiausia konkordancijos koeficiento W_{min} reikšmė yra apskaičiuojama pagal (7) formulę. Gauti rezultatai pateikti 10 lentelėje.

10 lentelė. Apskaičiuotos konkordancijos koeficiento W , apskaičiuotos χ^2 vertės ir konkordancijos koeficiento $W_{\min}$ reikšmės

W	χ^2	$W_{\min}$
0,28333	7,65	0,23148

Šaltinis: sudaryta darbo autoriaus

Esant $v = 4 - 1 = 3$ laisvės laipsnių ir reikšmingumo lygmeniu $\alpha = 0,1$ galima teigti, kad ekspertų nuomonės suderintos: $W_{\min} = 0,2314 < 0,2833$.

3.4 Grupės ekspertų, remontą atliekančios įmonės personalas, nuomonių suderinamumas, taikant ARTIW metodą

Ekspertų nuomonės apie grupės „remontą atliekančios įmonės personalas“ svarbą (pirmumą) rangai buvo panaudoti skaičiuojant rangų vidurkius R_j , konkordancijos koeficientą W , kritinę Pirsono statistiką (angl. *Pearson chi-square statistic*) χ^2 ir pateikti 11 lentelėje. veiksmų grupių reikšmingumai, vidutinį rangą R_j patogiu skaičiuoti naudojant skaičiavimo veiksmų 3 lentelę.

11 lentelė. Remontą atliekančios įmonės personalo reikšmingumai, ekspertų rangai R_{ij}

Eksperto kodas $i=1,2,\dots,n$	Veiksmų grupių reikšmingumai, žymuo, $j=1,2,\dots,m$									Rangų suma
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	
E1	5	9	1	4	3	8	2	7	6	45
E2	7	8	9	6	1	2	5	3	4	45
E3	4	7	3	8	2	1	9	6	5	45
E4	4	3	5	2	6	8	9	1	7	45
E5	7	9	3	8	1	2	5	6	4	45
E6	4	9	6	5	3	1	8	7	2	45
E7	3	6	7	8	9	2	4	5	1	45
E8	9	8	6	7	2	1	3	4	5	45
E9	7	8	9	6	1	3	5	4	2	45
$\sum_{i=1}^n R_{ij} = R_i$	50	67	49	54	28	28	50	43	36	405
$\bar{R}_j = \sum_{i=1}^n R_{ij}/n$	5,555	7,444	5,444	6	3,111	3,111	5,555	4,777	4	45
$\sum_{i=1}^n R_{ij} - \frac{n(m+1)}{2}$	5	22	4	9	-17	-17	5	-2	-9	0
$\left[\sum_{i=1}^n R_{ij} - \frac{1}{2}n(m+1) \right]^2$	25	484	16	81	289	289	25	4	81	1294

Šaltinis: sudarytas darbo autoriaus

Veiksnių grupių reikšmingumai, bendra rangų suma:

$$\sum_{j=1}^9 R_j = 405. \quad (30)$$

visų j rangų vidurkių $\bar{R}_j$ suma:

$$\sum_{j=1}^9 \bar{R}_j = 45. \quad (31)$$

Veiksnių rangų vidurkis apskaičiuotas arba gaunamas jam ekspertų suteiktą bendrą rangų sumą dalijant iš veiksmų skaičiaus m:

$$\sum_{j=1}^9 \bar{R}_j = \frac{405}{45} = 9. \quad (32)$$

Kvadratų nuokrypių suma pagal (5) formulę:

$$S = 1294. \quad (33)$$

Naudojant ekspertų apklausos duomenis ir skaičiuojant pagal (6) formulę, χ^2 :

$$\chi^2 = \frac{9 \cdot 1294}{9 \cdot 9(9+1)} = 14,37. \quad (34)$$

Kritinė reikšmė $\chi^2_{v,\alpha}$, paimta iš (chi-square distribution) skirstinio lentelės su $v = 9 - 1 = 8$ laisvės laipsnių ir reikšmingumo lygmeniu $\alpha = 0,1$, yra 13,36. Empirinė reikšmė $\chi^2 = 14,37$ yra didesnė už kritinę $\chi^2_{v,\alpha} = 13,36$. Tai rodo, kad ekspertų vertinimai suderinti (Čekanavičius, Murauskas, 2004).

Ekspertų nuomonių suderinamumą rodantis konkordancijos koeficientas W, apskaičiuotas pagal (4) formulę:

$$W = \frac{9 \cdot 1294}{9^2(9^3-9)} = 0,199. \quad (35)$$

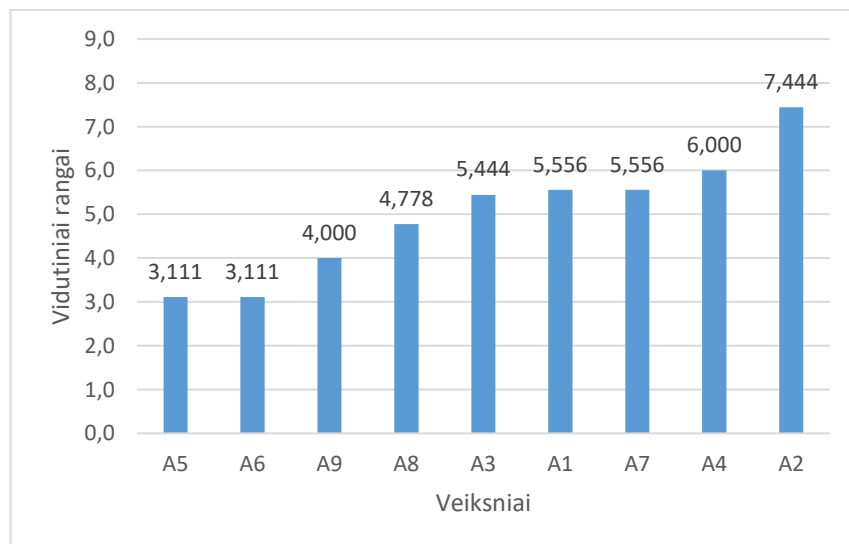
Mažiausia konkordancijos koeficiento $W_{\min}$ reikšmė apskaičiuojama pagal (7) formulę:

$$W_{\min} = \frac{13,36}{9(9-1)} = 0,1855. \quad (36)$$

Apskaičiuotasis (empirinis) konkordancijos koeficientas $W = 0,199$ yra didesnis už minimalią jo reikšmę $W_{\min} = 0,1855$, kuriai esant galima laikyti, kad ekspertų nuomonės veiksmų grupės reikšmingumui yra suderintos.

Jeigu ekspertų nuomonės suderintos, konkordancijos koeficiento W reikšmė yra arti vienetui, jeigu vertinimai labai skiriasi – W reikšmė yra arti nulio.

Ekspertų nuomonės apie remontą atliekančios įmonės personalo reikšmingumą vidutinių rangų R_j apskaičiuotųjų verčių stulpelinė diagrama pateikta 18 pav.



18 pav. Ekspertų nuomonės apie grupės „remontą atliekančios įmonės personalas“ reikšmingumą: vidutinis rangas, stulpelinė diagrama, rangų koreliacijos metodas

Šaltinis: sudaryta darbo autoriaus

Gaunama tokia prioritetinga išraiška (nuo svarbiausio veiksnio iki mažiausiai svarbaus): $A5 > A6 > A9 > A8 > A3 > A1 > A7 > A4 > A2$.

Pagal kitą metodiką nustatoma veiksmų grupių reikšmingumai, svarba (svoriai). Ekspertų vertinamo objekto kokybės veiksmų normalizuotas (jų sumą prilyginant vienetui) svarbumas (svoriai) gali būti nustatomas skaičiuojant autoriaus (Sivilevičius, 2011) siūlomą kiekvieno veiksnio svarbumo rodiklį Q_j . Šis metodas vadinamas ARTIW metodu. Tam taikoma autoriaus pateikta nauja formulė, iš kurios veiksmų grupių reikšmingumo, veiksnio ($A5$) svarba apskaičiuojama pagal (8) formulę (duomenys imami iš 11 lentelės):

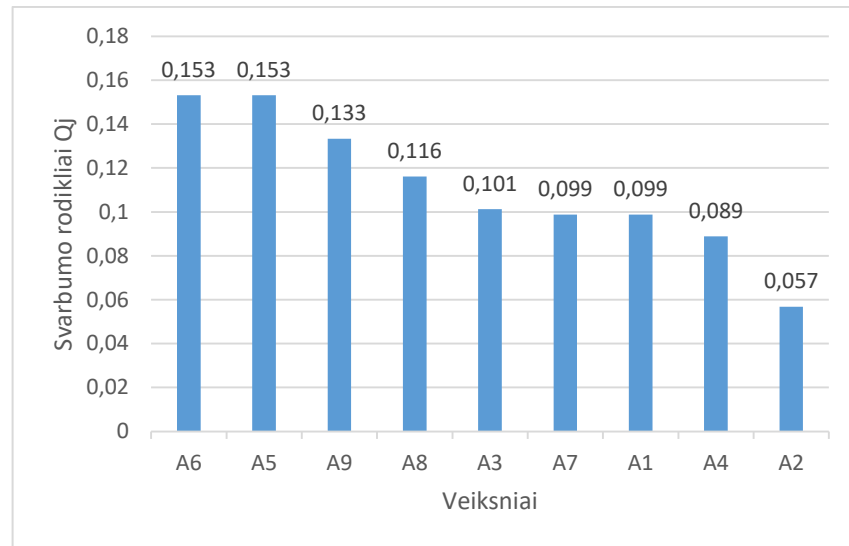
$$Q_j = \frac{(m+1) - \bar{R}_j}{\sum_{j=1}^m \bar{R}_j} = \frac{(9+1) - 3,111}{45} = 0,153. \quad (37)$$

čia: m – kriterijų skaičius ($j = 1, 2, \dots, m$), $\bar{R}_j$ – j -ojo kriterijaus vidutinis rangas, apskaičiuotas pagal (3) formulę. Visų veiksmų svarbos rezultatai surašyti 12 lentelėje ir pagal svarbumą pateikti 19 pav.

12 lentelė. Veiksnių svarbos rezultatai

Rodiklis	Veiksniai								
	A5	A6	A9	A8	A3	A7	A1	A4	A2
Svarbumo rodiklis Q_j	0,1530	0,1530	0,1333	0,1160	0,1012	0,0987	0,0987	0,0888	0,0567

Šaltinis: sudaryta darbo autoriaus



19 pav. Normalizuoti veiksnių svarbumai (svoriai), ARTIW metodas

Šaltinis: sudarytas darbo autoriaus

Gaunama tokia prioritetinga išraiška (nuo svarbiausio veiksnio iki mažiausiai svarbaus): $A6 > A5 > A9 > A8 > A3 > A7 > A1 > A4 > A2$.

3.4.1 Ekspertų nuomonė apie remontą atliekančios įmonės personalas, reikšmingumą, taikant AHP metodą

Grupės „remontą atliekančios įmonės personalas“ reikšmingumui vertinti buvo nustatyti 9 veiksniai. Ekspertams buvo įteiktos veiksnių porinio lyginimo anketos. Užpildytas vieno eksperto porinio lyginimo matricos pavyzdys pateiktas 13 lentelėje.

13 lentelė. Eksperto užpildyta veiksnų, porinio lyginimo matrica

Elementų sąveikos veiksnio		Rangas	Veiksnyje $j = 1, 2, \dots, n$									Tikrinis vektorius ω_i
			A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	
Veiksnyje $i = 1, 2, \dots, n$	A1	5	1	4	1/4	1	1/2	3	1/3	2	1	0,08156
	A2	9	1/4	1	1/9	1/5	1/7	1	1/8	1/2	1/3	0,02400
	A3	1	4	9	1	3	2	8	1	6	5	0,27247
	A4	4	1	5	1/3	1	1	4	1/2	3	2	0,11377
	A5	3	2	7	1/2	1	1	5	1	4	3	0,15956
	A6	8	1/3	1	1/8	1/4	1/5	1	1/7	1	1/2	0,03063
	A7	2	3	8	1	2	1	7	1	5	4	0,21713
	A8	7	1/2	2	1/6	1/3	1/4	1	1/5	1	1	0,04241
	A9	6	1	3	1/5	1/2	1/3	2	1/4	1	1	0,05847

Šaltinis: sudarytas darbo autoriaus

Reikia surasti tikrinį vektorių. Tikrinis vektorius apskaičiuojamas 4 žingsniais (Шикин и Чхартишвили, 2000). Iš 13 lentelės duomenų surandamas tikrinis vektorius. Tikrinio vektoriaus skaičiavimo eiga ir kiekvieno skaičiavimo žingsnio rezultatai pateikti A priede.

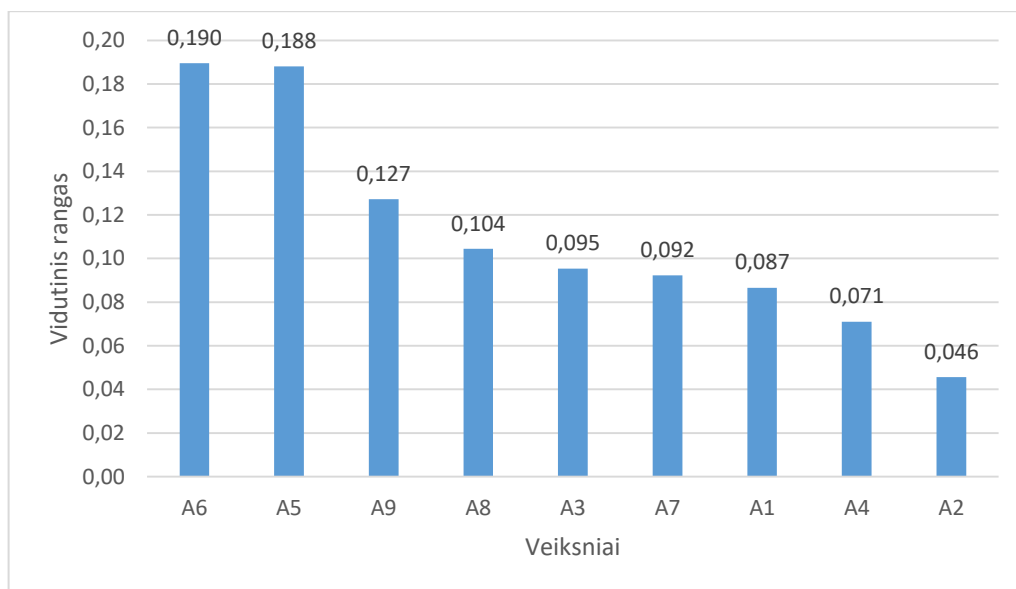
Visi ekspertų tikrinių vektorių skaičiavimo rezultatai pateikti 14 lentelėje.

14 lentelė. Tikrinių vektorių skaičiavimo rezultatai

Veiksniai	Eksperto Nr.									Svorių suma	Svorio vidurkis	Rangas
	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
A1	0,082	0,042	0,133	0,116	0,040	0,126	0,176	0,022	0,042	0,779	0,087	3,000
A2	0,024	0,031	0,036	0,160	0,014	0,022	0,065	0,028	0,030	0,410	0,046	1,000
A3	0,272	0,024	0,173	0,084	0,136	0,057	0,040	0,049	0,023	0,858	0,095	4,000
A4	0,114	0,058	0,028	0,214	0,023	0,082	0,025	0,036	0,058	0,639	0,071	2,000
A5	0,160	0,268	0,225	0,059	0,305	0,157	0,017	0,231	0,271	1,693	0,188	8,000
A6	0,031	0,222	0,258	0,032	0,242	0,273	0,205	0,282	0,162	1,706	0,190	9,000
A7	0,217	0,082	0,022	0,023	0,078	0,029	0,128	0,170	0,081	0,831	0,092	5,000
A8	0,042	0,160	0,051	0,269	0,063	0,040	0,087	0,112	0,116	0,939	0,104	6,000
A9	0,058	0,114	0,074	0,043	0,099	0,214	0,258	0,069	0,216	1,145	0,127	7,000
Suma	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	9,000	1,000	45,000

Šaltinis: sudarytas darbo autoriaus

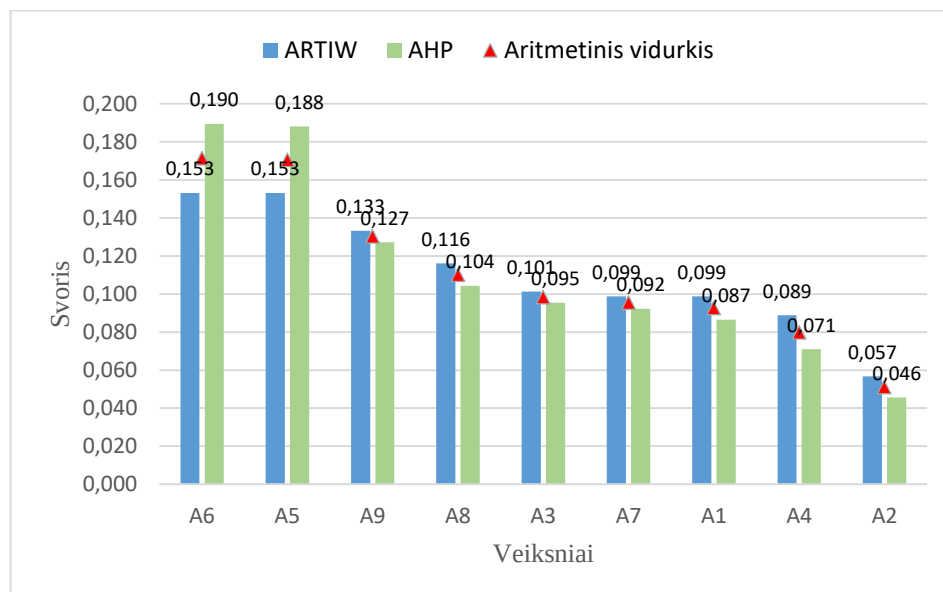
Iš surastų svorio vidurkių, pateiktų 14 lentelėje, braižoma svorio vidurkių stulpelinė diagrama (20 pav.).



20 pav. Ekspertų nuomonės apie grupės „remontą atliekančios įmonės personalas“ reikšmingumą: svorio vidurkių stulpelinė diagrama, AHP metodas
Šaltinis: sudaryta darbo autoriaus

Gaunama tokia prioritetinga išraiška (nuo svarbiausio veiksnio iki mažiausiai svarbaus): $A6 > A5 > A9 > A8 > A3 > A7 > A1 > A4 > A2$.

Iš dviem skirtingais metodais gautų rezultatų sudaroma viena rezultatų palyginimo diagrama, rezultatai pavaizduoti 21 pav.



21 pav. Ekspertų nuomonės apie grupės „remontą atliekančios įmonės personalas“, svorių rezultatų lyginamoji stulpelinė diagrama, ARTIW ir AHP metodais
Šaltinis: sudaryta darbo autoriaus

Šis grafikas rodo, kad ARTIW ir AHP metodais nustatyti kriterijų svoriai turi tą pačią tendenciją: svarbiausi kriterijai yra A6, A5, A9 o mažiausiai svarbūs A1, A4, A2, tačiau jų svorių reikšmės skiriasi. AHP metodu nustatytų svarbiausių kriterijų svoriai daugiau skiriasi nuo mažiausiai svarbių kriterijų svorių nei šių kriterijų svoriai nustatyti ARTIW metodu. AHP metodas yra jautresnis pačių pirmų svarbiausių kriterijų radimui, todėl skirtumas tarp AHP ir ARTIW metodo svarbiausių kriterijų rezultatų gana didelis.

Sudedami kiekvieno veiksnio metodų (AHP ir ARTIW) rezultatai ir padalijami iš 2, taip nustatomi ir pažymimi 9 diagramoje raudonu trikampiu apskaičiuoti abiejų metodų aritmetiniai vidurkiai (galutinis rezultatas), svarbiausio kriterijaus svarbumo rodiklis yra $Q_j = 0,171$, mažiausiai svarbaus kriterijaus svarbumo rodiklis yra $Q_j = 0,051$.

Randama didžiausia tikrinė šios matricos $\lambda_{\max}$. Dauginama iš tikrinio vektoriaus ω . Sudauginami 13 lentelės pirmos eilutės elementai iš tikrinio vektoriaus ω :

$$1 \cdot 0,08156 + 4 \cdot 0,02400 + \frac{1}{4} \cdot 0,27247 + 1 \cdot 0,11377 + \frac{1}{2} \cdot 0,15956 + 3 \cdot 0,03063 + \frac{1}{3} \cdot 0,21713 + 2 \cdot 0,04241 + 1 \cdot 0,05847 = 0,7467; \quad (38)$$

Padalijus surastos eilutės pirmą elementą iš atitinkamo (pirmo) pradinės dauginamosios eilutės elemento, gaunama:

$$\frac{0,7467}{0,08156} = 9,1564; \quad (39)$$

Randamas jų aritmetinis vidurkis. Gaunama pagal (14) formulę:

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{9}(9,1564 + 9,1123 + 9,1169 + 8,4328 + 9,1248 + 9,10398 + 9,0897 + 9,1244 + 9,1427) = 9,04492. \quad (40)$$

Gaunama, kad didžiausia tikrinė reikšmė $\lambda_{\max} = 9,04492$.

Žinoma, kad atvirkštinės simetrijos m eilės matricos didžiausia tikrinė reikšmė $\lambda_{\max} \geq m$. Šiuo atveju lyginimo matricos eilė arba lyginamųjų veiksnių skaičius $m = 4$. Tuo pačiu $9,04492 \geq 4$. Sąlyga tenkinama.

Apskaičiuojamas suderinamumo indeksas pagal (15) formulę, kuris apibrėžiamas taip:

$$C.I = \frac{9,04492-9}{9-1} = 0,00561. \quad (41)$$

Matricos suderinamumas tuo geresnis, kuo mažesnė C.I. reikšmė. Idealiu atveju C.I.= 0

15 lentelė. Ekspertų didžiausia tikrinė reikšmė λ_{max} , suderinamumo santykis C.R., matricos suderinamumo indeksas C.I., atsitiktinis indeksas R.I..

Rodikliai	Eksperto Nr.								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Didžiausia tikrinė reikšmė λ_{max}	9,0449	9,0522	9,1104	9,0270	9,5911	9,0183	9,2579	9,1078	9,0503
Matricos suderinamumo indeksas C.I.	0,0056	0,0065	0,0138	0,0034	0,0739	0,0023	0,0322	0,0135	0,0063
Suderinamumo santykis, C.R.	0,0039	0,0045	0,0095	0,0023	0,0510	0,0016	0,0222	0,0093	0,0043
Atsitiktinis indeksas, R.I.	1,45								

Šaltinis: sudaryta darbo autoriaus

Matricos suderinamumo indekso C.I. ir atsitiktinio indekso vidurkio R.I., imamo iš lentelės (Saaty, 1980), santykis vadinamas suderinamumo santykiu C.R., rodančiu matricos suderinamumo laipsnį ir skaičiuojamas pagal (16) formulę:

$$C.R = \frac{C.I}{R.I} = \frac{0,0056}{1,45} = 0,00387. \quad (42)$$

Matrica bus suderinta, jeigu santykio C.R. reikšmė mažesnė arba lygi 0,1. Kadangi $0,00387 < 0,1$, matrica yra suderinta. Visų ekspertų didžiausios tikrinės reikšmės λ_{max} , suderinamumo santykių C.R., matricos suderinamumo indeksų C.I., atsitiktinis indeksas R.I. pateiktas aukščiau esančioje 15 lentelėje.

3.4.2 Remontą atliekančios įmonės personalas, nuomonių suderinamumas

Grupės „remontą atliekančios įmonės personalas“ (devynių ekspertų) konkordancijos koeficientas W, apskaičiuotas pagal (4) formulę, yra $W = 0,1996$. Skaičiuojant pagal (6) formulę, gaunama $\chi^2 = 14,3777$ o kritinė $\chi_{v,\alpha}^2$ reikšmė, paimta iš (chi-square distribution) skirstinio lentelės su $v = 9 - 1 = 8$ laisvės laipsnių ir reikšmingumo lygmeniu $\alpha = 0,1$, yra 13,36. Empirinė reikšmė $\chi^2 = 14,3777$ yra didesnė už kritinę $\chi_{v,\alpha}^2 = 13,36$ todėl ekspertų nuomonės yra suderintos. Mažiausia konkordancijos koeficiento W_{min} reikšmė yra apskaičiuojama pagal (7) formulę. Gauti rezultatai pateikti 16 lentelėje.

16 lentelė. Apskaičiuotos konkordancijos koeficiento W , apskaičiuotos χ^2 vertės ir konkordancijos koeficiento W_{min} reikšmės

w	χ^2	w_{min}
0,1996	14,37777	0,18556

Šaltinis: sudaryta darbo autoriaus

Esant $v = 9 - 1 = 8$ laisvės laipsnių ir reikšmingumo lygmeniu $\alpha = 0,1$ galima teigti, kad ekspertų nuomonės suderintos: $W_{min} = 0,18556 < 0,1996$.

3.5 Grupės ekspertų, remontą atliekančios įmonės parametrai, nuomonių suderinamumas, taikant ARTIW metodą

Ekspertų nuomonės apie grupės „remontą atliekančios įmonės parametrai“, svarbą (pirmumą) rangai buvo panaudoti skaičiuojant rangų vidurkius R_j , konkordancijos koeficientą W , kritinę Pirsono statistiką (angl. *Pearson chi-square statistic*) χ^2 ir pateikti 17 lentelėje. veiksmų grupių reikšmingumai, vidutinį rangą R_j patogiu skaičiuoti naudojant skaičiavimo veiksmų 3 lentelę.

17 lentelė. Remontą atliekančios įmonės parametrų reikšmingumai, ekspertų rangai R_{ij}

Eksperto kodas $i=1,2,\dots,n$	Veiksmų grupių reikšmingumai, žymuo, $j=1,2,\dots,m$								Rangų suma
	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	
E1	5	4	1	3	2	6	7	8	36
E2	5	1	7	8	6	2	4	3	36
E3	6	3	1	8	2	4	7	5	36
E4	3	2	1	6	7	4	8	5	36
E5	8	2	1	4	3	6	7	5	36
E6	8	3	1	5	2	4	7	6	36
E7	6	4	3	2	1	5	7	8	36
E8	7	6	1	2	3	4	5	8	36
E9	6	2	3	4	1	7	8	5	36
$\sum_{i=1}^n R_{ij} = R_i$	54	27	19	42	27	42	60	53	324
$\bar{R}_j = \sum_{i=1}^n R_{ij}/n$	6	3	2,111	4,666	3	4,666	6,666	5,888	36
$\sum_{i=1}^n R_{ij} - \frac{n(m+1)}{2}$	13,5	-13,5	-21,5	1,5	-13,5	1,5	19,5	12,5	0
$\left[\sum_{i=1}^n R_{ij} - \frac{1}{2}n(m+1) \right]^2$	182,2	182,2	462,2	2,25	182,2	2,25	380,2	156,2	1550

Šaltinis: sudarytas darbo autoriaus

Veiksnių grupių reikšmingumai, bendra rangų suma:

$$\sum_{j=1}^9 R_j = 324. \quad (43)$$

visų j rangų vidurkių $\bar{R}_j$ suma:

$$\sum_{j=1}^9 \bar{R}_j = 36. \quad (44)$$

Veiksnių rangų vidurkis apskaičiuotas arba gaunamas jam ekspertų suteiktų bendrą rangų sumą dalijant iš veiksmų skaičiaus m:

$$\sum_{j=1}^9 \bar{R}_j = \frac{324}{36} = 9 \quad (45)$$

Kvadratų nuokrypių suma pagal (5) formulę:

$$S = 1550. \quad (46)$$

Naudojant ekspertų apklausos duomenis ir skaičiuojant pagal (6) formulę, χ^2 :

$$\chi^2 = \frac{9 \cdot 1550}{9 \cdot 8(8+1)} = 21,5278. \quad (47)$$

Kritinė reikšmė $\chi^2_{v,\alpha}$, paimta iš (chi-square distribution) skirstinio lentelės su $v = 8 - 1 = 7$ laisvės laipsnių ir reikšmingumo lygmeniu $\alpha = 0,01$, yra 18,48. Empirinė reikšmė $\chi^2 = 21,5278$ yra didesnė už kritinę $\chi^2_{v,\alpha} = 18,48$. Tai rodo, kad ekspertų vertinimai suderinti (Čekanavičius, Murauskas 2004).

Ekspertų nuomonių suderinamumą rodantis konkordancijos koeficientas W, apskaičiuotas pagal (4) formulę:

$$W = \frac{9 \cdot 1550}{9^2(8^3 - 8)} = 0,34171 \quad (48)$$

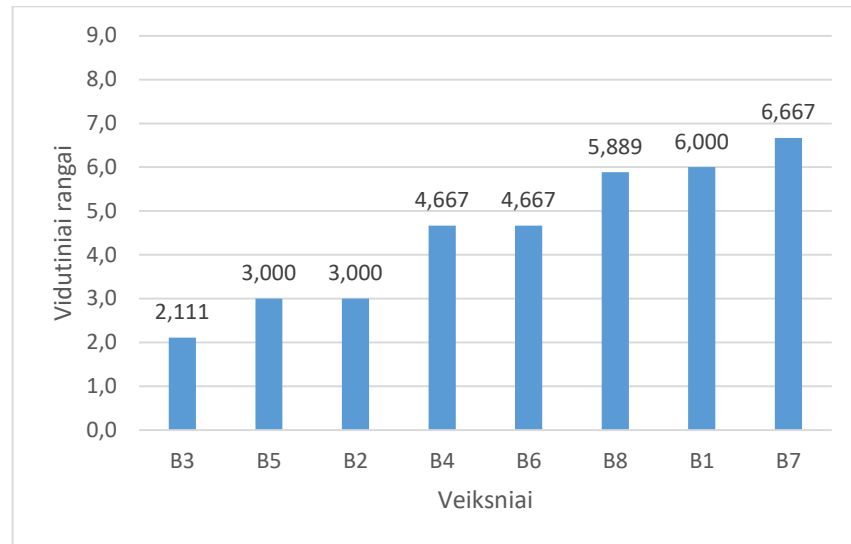
Mažiausia konkordancijos koeficiento $W_{\min}$ reikšmė apskaičiuojama pagal (7) formulę:

$$W_{\min} = \frac{18,48}{9(8-1)} = 0,29333. \quad (49)$$

Apskaičiuotasis (empirinis) konkordancijos koeficientas $W = 0,3417$ yra didesnis už minimalią jo reikšmę $W_{\min} = 0,29333$, kuriai esant galima laikyti, kad ekspertų nuomonės veiksnių grupės reikšmingumui yra suderintos.

Jeigu ekspertų nuomonės suderintos, konkordancijos koeficiento W reikšmė yra arti vieneto, jeigu vertinimai labai skiriasi – W reikšmė yra arti nulio.

Ekspertų nuomonės apie grupės „remontą atliekančios įmonės parametrai“ reikšmingumą vidutinių rangų R_j apskaičiuotųjų verčių stulpelinė diagrama pateikta 22 pav.:



22 pav. Ekspertų nuomonės apie grupės „remontą atliekančios įmonės parametrai“ reikšmingumą: vidutinis rangas stulpelinė diagrama, rangų koreliacijos metodas

Šaltinis: sudaryta darbo autoriaus

Gaunama tokia prioritetinė išraiška (nuo svarbiausio veiksnio iki mažiausiai svarbaus): $B3 > B5 > B2 > B4 > B6 > B8 > B1 > B7$.

Pagal kitą metodiką nustatoma veiksnių grupių reikšmingumai, svarba (svoriai). Ekspertų vertinamo objekto kokybės veiksnių normalizuotas (jų sumą prilyginant vienetui) svarbumas (svoriai) gali būti nustatomas skaičiuojant autoriaus (Sivilevičius, 2011) siūlomą kiekvieno veiksnio svarbumo rodiklį Q_j . Šis metodas vadinamas ARTIW metodu. Tam taikoma autoriaus pateikta nauja formulė, iš kurios veiksnių grupių reikšmingumo, veiksnio (B3) svarba apskaičiuojama pagal (8) formulę (duomenys imami iš 17 lentelės):

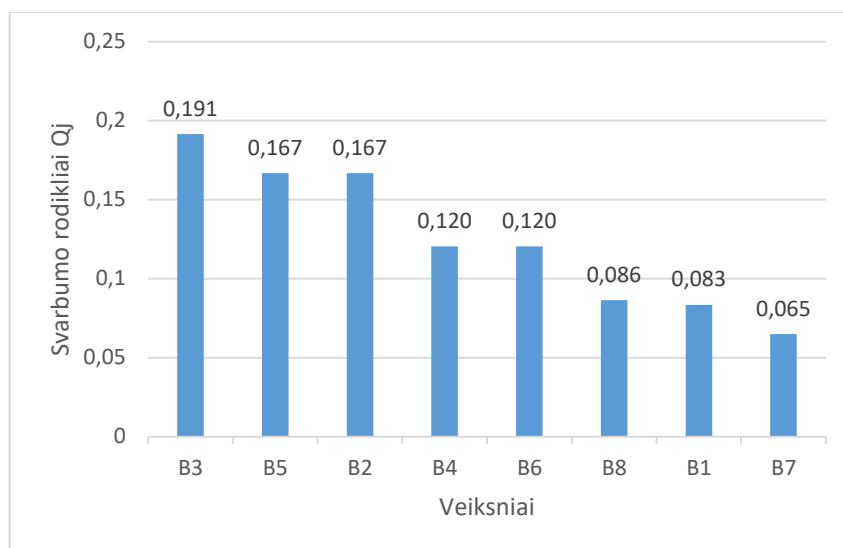
$$Q_j = \frac{(m+1) - \bar{R}_j}{\sum_{j=1}^m \bar{R}_j} = \frac{(8+1) - 2,111}{36} = 0,191. \quad (50)$$

čia m – kriterijų skaičius ($j = 1, 2, \dots, m$), $\bar{R}_j$ – j -ojo kriterijaus vidutinis rangas, apskaičiuotas pagal (3) formulę. Visų veiksnių svarbos rezultatai surašyti 18 lentelėje ir pagal svarbumą pateikti 23 pav.

18 lentelė. Veiksnių svarbos rezultatai

Rodiklis	Veiksniai							
	B3	B5	B2	B4	B6	B8	B1	B7
Svarbumo rodiklis Q_j	0,19135	0,16666	0,16666	0,12037	0,12037	0,08642	0,08333	0,06481

Šaltinis: sudaryta darbo autoriaus



23 pav. Normalizuoti veiksnių svarbumai (svoriai), ARTIW metodas

Šaltinis: sudarytas darbo autoriaus

Gaunama tokia prioritetinė išraiška (nuo svarbiausio veiksnio iki mažiausiai svarbaus): $B3 > B5 > B2 > B4 > B6 > B8 > B1 > B7$.

3.5.1 Ekspertų nuomonė apie remontą atliekančios įmonės personalas, reikšmingumą, taikant AHP metodą

Grupės „remontą atliekančios įmonės parametrai“ reikšmingumui vertinti buvo nustatyti 8 veiksniai. Ekspertams buvo įteiktos veiksnių porinio lyginimo anketos. Užpildytas vieno eksperto porinio lyginimo matricos pavyzdys pateiktas 19 lentelėje.

19 lentelė. Eksperto užpildyta veiksnių, porinio lyginimo matrica

Elementų sąveikos veiksnio		Rangas	Veiksnyje $j = 1, 2, \dots, n$								Tikrinis vektorius ω_i
			B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	
Veiksnyje $i = 1, 2, \dots, n$	B1	5	1	1	1/5	1/2	1/3	1	3	5	0,08137
	B2	4	1	1	1/3	1	1/2	3	5	6	0,12449
	B3	1	5	3	1	2	1	7	8	9	0,29550
	B4	3	2	1	1/2	1	1	4	6	7	0,16837
	B5	2	3	2	1	1	1	6	7	8	0,22970
	B6	6	1	1/3	1/7	1/4	1/6	1	1	3	0,04677
	B7	7	1/3	1/5	1/8	1/6	1/7	1	1	1	0,03057
	B8	8	1/5	1/6	1/9	1/7	1/8	1/3	1	1	0,02323

Šaltinis: sudarytas darbo autoriaus

Reikia surasti tikrinį vektorių. Tikrinis vektorius apskaičiuojamas 4 žingsniais (Шикин и Чхартишвили, 2000). Iš 19 lentelės duomenų surandamas tikrinis vektorius. Tikrinio vektoriaus skaičiavimo eiga ir kiekvieno skaičiavimo žingsnio rezultatai pateikti B priede.

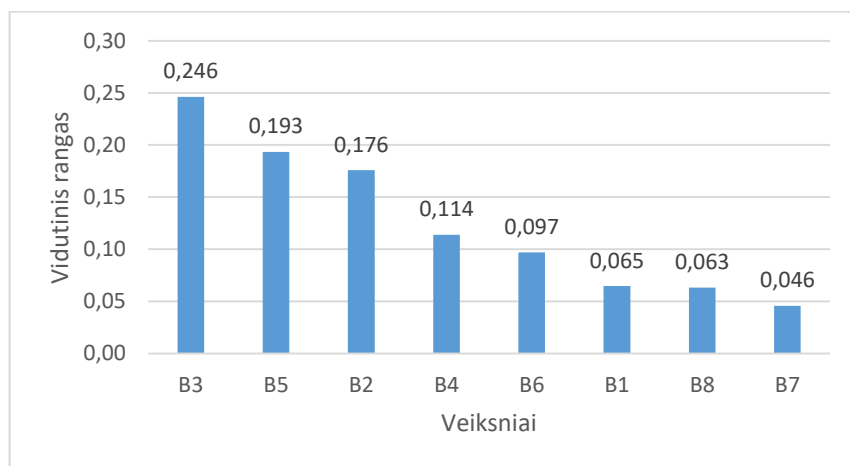
Visi ekspertų tikrinių vektorių skaičiavimo rezultatai pateikti 20 lentelėje.

20 lentelė. Tikrinių vektorių skaičiavimo rezultatai

Veiksniai	Eksperto Nr.									Svorių suma	Svorio vidurkis	Rangas
	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
B1	0,081	0,082	0,047	0,181	0,027	0,028	0,054	0,036	0,048	0,58308	0,06479	6
B2	0,124	0,286	0,163	0,236	0,195	0,175	0,121	0,048	0,236	1,58359	0,17595	3
B3	0,295	0,038	0,313	0,293	0,317	0,309	0,166	0,322	0,162	2,21642	0,24627	1
B4	0,168	0,027	0,028	0,043	0,107	0,073	0,224	0,236	0,119	1,02514	0,1139	4
B5	0,230	0,056	0,238	0,032	0,179	0,232	0,286	0,176	0,312	1,74076	0,19342	2
B6	0,047	0,226	0,109	0,123	0,057	0,103	0,088	0,089	0,030	0,87153	0,09684	5
B7	0,031	0,117	0,035	0,026	0,044	0,035	0,035	0,066	0,023	0,41197	0,04577	8
B8	0,023	0,168	0,067	0,066	0,074	0,046	0,026	0,028	0,070	0,56750	0,06306	7
Suma	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	9,0000	1,0000	36

Šaltinis: sudarytas darbo autoriaus

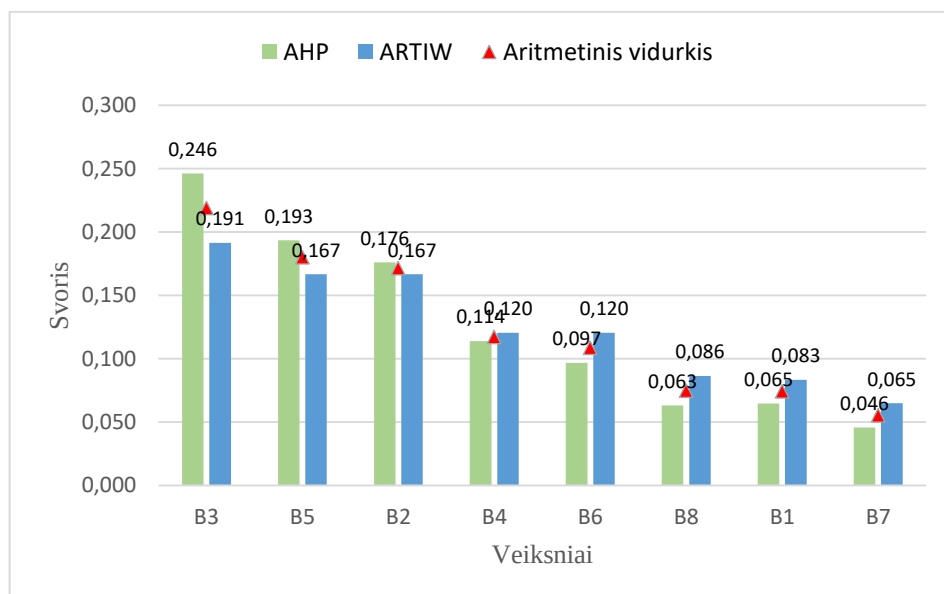
Iš surastų svorio vidurkių, pateiktų 20 lentelėje, braižoma svorio vidurkių stulpelinė diagrama 24 pav.



24 pav. Ekspertų nuomonės apie grupės „remontą atliekančios įmonės parametrai“ reikšmingumą: svorio vidurkių stulpelinė diagrama, AHP metodas
Šaltinis: sudaryta darbo autoriaus

Gaunama tokia prioritetinga išraiška (nuo svarbiausio veiksnio iki mažiausiai svarbaus): $B3 > B5 > B2 > B4 > B6 > B1 > B8 > B7$.

Iš dviem skirtingais metodais gautų rezultatų sudaroma viena rezultatų palyginimo diagrama, rezultatai pavaizduoti 25 pav.



25 pav. Ekspertų nuomonės apie grupės „remontą atliekančios įmonės parametrai“ svorių rezultatų lyginamoji stulpelinė diagrama, ARTIW ir AHP metodais
Šaltinis: sudaryta darbo autoriaus

Šis grafikas rodo, kad ARTIW ir AHP metodais nustatyti kriterijų svoriai turi tą pačią tendenciją: svarbiausias kriterijus yra B3 o mažiausiai svarbus B7, tačiau jų svorių reikšmės skiriasi. AHP metodu nustatytų svarbiausių kriterijų svoriai daugiau skiriasi nuo mažiausiai svarbių kriterijų svorių nei šių kriterijų svoriai nustatyti ARTIW metodu. AHP metodas yra jautresnis pačių pirmų svarbiausių kriterijų radimui, todėl skirtumas tarp AHP ir ARTIW metodo svarbiausių kriterijų rezultatų gana didelis.

Sudedami kiekvieno veiksnio metodų (AHP ir ARTIW) rezultatai ir padalijami iš 2, taip nustatomi ir pažymimi 13 diagramoje raudonu trikampi apskaičiuoti abiejų metodų aritmetiniai vidurkiai (galutinis rezultatas), svarbiausio kriterijaus svarbumo rodiklis yra $Q_j = 0,218$, mažiausiai svarbaus kriterijaus svarbumo rodiklis yra $Q_j = 0,055$.

Randama didžiausia tikrinė šios matricos reikšmė $\lambda_{\max}$. Dauginama iš tikrinio vektoriaus ω . Sudauginami 19 lentelės pirmos eilutės elementai iš tikrinio vektoriaus ω :

$$1 \cdot 0,08137 + 1 \cdot 0,12449 + \frac{1}{5} \cdot 0,29550 + \frac{1}{2} \cdot 0,16837 + \frac{1}{3} \cdot 0,22970 + 1 \cdot 0,04677 + 3 \cdot 0,03057 + 5 \cdot 0,02323 = 0,6803. \quad (51)$$

Padalijus surastos eilutės pirmą elementą iš atitinkamo (pirmo) pradinės dauginamosios eilutės elemento, gaunama:

$$\frac{0,6803}{0,08137} = 8,3607. \quad (52)$$

Randamas jų aritmetinis vidurkis pagal (14) formulę. Gaunama:

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{8} (8,3607 + 8,1945 + 8,2006 + 8,1138 + 8,1282 + 8,3922 + 8,1909 + 98,2660) = 8,23091. \quad (53)$$

Gaunama, kad didžiausia tikrinė reikšmė $\lambda_{\max} = 8,23091$.

Žinoma, kad atvirkštinės simetrijos m eilės matricos didžiausia tikrinė reikšmė $\lambda_{\max} \geq m$. Šiuo atveju lyginimo matricos eilė arba lyginamųjų veiksmių skaičius $m = 8$. Tuo pačiu $8,23091 \geq 8$. Sąlyga tenkinama.

Skaičiuojamas suderinamumo indeksas pagal (15) formulę, kuris apibrėžiamas taip:

$$C.I = \frac{8,23091-8}{8-1} = 0,03298. \quad (54)$$

Matricos suderinamumas tuo geresnis, kuo mažesnė C.I. reikšmė. Idealiu atveju C.I.= 0

21 lentelė. Ekspertų didžiausia tikrinė reikšmė λ_{max} , suderinamumo santykis C.R., matricos suderinamumo indeksas C.I., atsitiktinis indeksas R.I..

Rodiklis	Eksperto Nr.								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Didžiausia tikrinė reikšmė λ_{max}	8,23091	8,14631	8,23026	8,18057	8,30421	8,17214	8,18571	8,14206	8,26754
Matricos suderinamumo indeksas C.I.	0,03299	0,02090	0,03289	0,02580	0,04346	0,02459	0,02653	0,02029	0,03822
Suderinamumo santykis, C.R.	0,02356	0,01493	0,02349	0,01842	0,03104	0,01756	0,01895	0,01449	0,0273
Atsitiktinis indeksas, R.I.	1,4								

Šaltinis: sudaryta darbo autoriaus

Matricos suderinamumo indekso C.I. ir atsitiktinio indekso vidurkio R.I., imamo iš lentelės (Saaty, 1980), santykis vadinamas suderinamumo santykiu C.R., rodančiu matricos suderinamumo laipsnį ir skaičiuojamas pagal (16) formulę:

$$C.R = \frac{C.I}{R.I} = \frac{0,003298}{1,4} = 0,02356. \quad (55)$$

Matrica bus suderinta, jeigu santykio C.R. reikšmė mažesnė arba lygi 0,1. Kadangi $0,02356 < 0,1$, matrica yra suderinta. Visų ekspertų didžiausios tikrinės reikšmės λ_{max} , suderinamumo santykių C.R., matricos suderinamumo indeksų C.I., atsitiktinis indeksas R.I. pateiktas aukščiau esančioje 21 lentelėje.

3.5.2 Remontą atliekančios įmonės parametrai, nuomonių suderinamumas

Grupės „remontą atliekančios įmonės parametrai“ (devynių ekspertų) konkordancijos koeficientas W, apskaičiuotas pagal (4) formulę, yra $W = 0,34171$. Skaičiuojant pagal (6) formulę, gaunama $\chi^2 = 21,5278$ o kritinė $\chi^2_{v,\alpha}$ reikšmė, paimta iš (chi-square distribution) skirstinio lentelės su $v = 8 - 1 = 7$ laisvės laipsnių ir reikšmingumo lygmeniu $\alpha = 0,01$, yra 18,48. Empirinė reikšmė $\chi^2 = 21,5278$ yra didesnė už kritinę $\chi^2_{v,\alpha} = 18,48$ todėl ekspertų nuomonės yra suderintos. Mažiausia konkordancijos koeficiento W_{min} reikšmė yra apskaičiuojama pagal (7) formulę. Gauti rezultatai pateikti 22 lentelėje.

22 lentelė. Apskaičiuotos konkordancijos koeficiento W , apskaičiuotos χ^2 vertės ir konkordancijos koeficiento $W_{\min}$ reikšmės

w	χ^2	$w_{\min}$
0,34171	21,5278	0,29333

Šaltinis: sudaryta darbo autoriaus

Esant $v = 8 - 1 = 7$ laisvės laipsnių ir reikšmingumo lygmeniu $\alpha = 0,01$ galima teigti, kad ekspertų nuomonės suderintos: $W_{\min} = 0,29333 < 0,34171$.

3.6 Grupės ekspertų, remonto įrankiai, įrenginiai, nuomonės suderinamumas, taikant ARTIW metodą

Ekspertų nuomonės apie grupės „remonto įrankiai, įrenginiai“, svarbą (pirmumą) rangai buvo panaudoti skaičiuojant rangų vidurkius R_j , konkordancijos koeficientą W , kritinę Pirsono statistiką (angl. *Pearson chi-square statistic*) χ^2 ir pateikti 23-oje lentelėje. veiksmų grupių reikšmingumai, vidutinį rangą R_j patogu skaičiuoti naudojant skaičiavimo veiksmų 3 lentelę.

23 lentelė. Remonto įrankių, įrenginių reikšmingumai, ekspertų rangai R_{ij}

Eksperto kodas $i=1,2,\dots,n$	Veiksmų grupių reikšmingumai, žymuo, $j=1,2,\dots,m$						Rangų suma
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	
E1	6	5	4	3	2	1	21
E2	5	3	4	1	2	6	21
E3	3	2	6	1	4	5	21
E4	5	2	4	1	3	6	21
E5	5	2	3	1	6	4	21
E6	6	3	2	1	4	5	21
E7	3	4	1	2	6	5	21
E8	3	2	4	1	5	6	21
E9	3	2	4	1	6	5	21
$\sum_{i=1}^n R_{ij} = R_i$	39	25	32	12	38	43	189
$\bar{R}_j = \sum_{i=1}^n R_{ij}/n$	4,33333	2,77778	3,55556	1,33333	4,22222	4,77778	21
$\sum_{i=1}^n R_{ij} - \frac{n(m+1)}{2}$	7,5	-6,5	0,5	-19,5	6,5	11,5	0
$\left[\sum_{i=1}^n R_{ij} - \frac{1}{2}n(m+1) \right]^2$	56,25	42,25	0,25	380,25	42,25	132,25	653,5

Šaltinis: sudarytas darbo autoriaus

Veiksnių grupių reikšmingumai, bendra rangų suma:

$$\sum_{i=1}^9 R_j = 189. \quad (56)$$

visų j rangų vidurkių $\bar{R}_j$ suma:

$$\sum_{i=1}^9 \bar{R}_j = 21. \quad (57)$$

Veiksnių rangų vidurkis apskaičiuotas arba gaunamas jam ekspertų suteiktų bendrą rangų sumą dalijant iš veiksmų skaičiaus m:

$$\sum_{i=1}^9 \bar{R}_j = \frac{189}{21} = 9 \quad (58)$$

Kvadratų nuokrypių suma pagal (5) formulę:

$$S = 653,5. \quad (59)$$

Naudojant ekspertų apklausos duomenis ir skaičiuojant pagal (6) formulę, χ^2 :

$$\chi^2 = \frac{9 \cdot 653,5}{9 \cdot 6(6+1)} = 15,559. \quad (60)$$

Kritinė reikšmė $\chi^2_{v,\alpha}$, paimta iš (chi-square distribution) skirstinio lentelės su $v = 6 - 1 = 5$ laisvės laipsnių ir reikšmingumo lygmeniu $\alpha = 0,01$, yra 15,09. Empirinė reikšmė $\chi^2 = 15,559$ yra didesnė už kritinę $\chi^2_{v,\alpha} = 15,09$. Tai rodo, kad ekspertų vertinimai suderinti (Čekanavičius, Murauskas 2004).

Ekspertų nuomonių suderinamumą rodantis konkordancijos koeficientas W, apskaičiuotas pagal (4) formulę:

$$W = \frac{9 \cdot 653,5}{9^2(6^3 - 6)} = 0,34577. \quad (61)$$

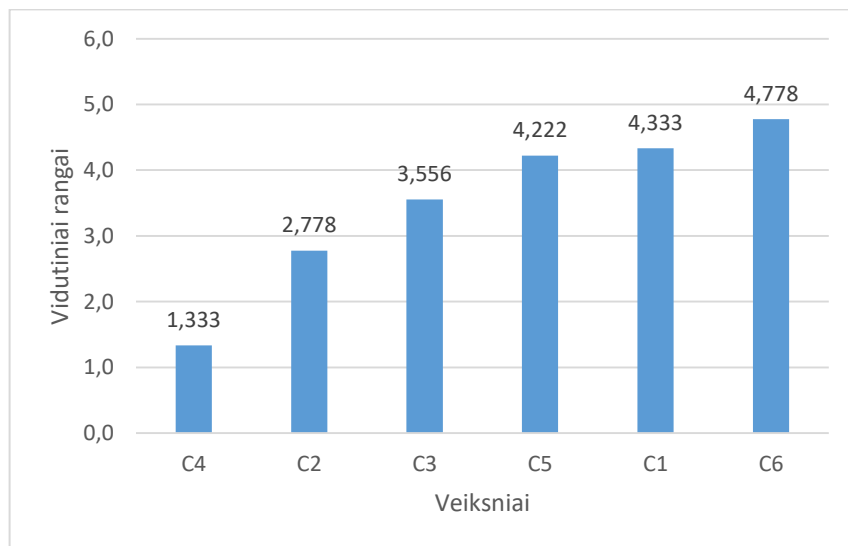
Mažiausia konkordancijos koeficiento $W_{\min}$ reikšmė apskaičiuojama pagal (7) formulę:

$$W_{\min} = \frac{15,09}{9(6-1)} = 0,3353. \quad (62)$$

Apskaičiuotasis (empirinis) konkordancijos koeficientas $W = 0,345$ yra didesnis už minimalią jo reikšmę $W_{\min} = 0,3353$, kuriai esant galima laikyti, kad ekspertų nuomonės veiksnių grupės reikšmingumui yra suderintos.

Jeigu ekspertų nuomonės suderintos, konkordancijos koeficiento W reikšmė yra arti vieneto, jeigu vertinimai labai skiriasi – W reikšmė yra arti nulio.

Ekspertų nuomonės apie grupės „remonto įrankiai, įrenginiai“ reikšmingumą vidutinių rangų R_j apskaičiuotųjų verčių stulpelinė diagrama pateikta 26 pav.



26 pav. Ekspertų nuomonės apie grupės „remonto įrankiai, įrenginiai“ reikšmingumą: vidutinis rangas stulpelinė diagrama, rangų koreliacijos metodas

Šaltinis: sudaryta darbo autoriaus

Gaunama tokia prioritetinė išraiška (nuo svarbiausio veiksnio iki mažiausiai svarbaus): $C4 > C2 > C3 > C5 > C1 > C6$.

Pagal kitą metodiką nustatoma veiksnių grupių reikšmingumai, svarba (svoriai). Ekspertų vertinamo objekto kokybės veiksnių normalizuotas (jų sumą prilyginant vienetui) svarbumas (svoriai) gali būti nustatomas skaičiuojant autoriaus (Sivilevičius, 2011) siūlomą kiekvieno veiksnio svarbumo rodiklį Q_j . Šis metodas vadinamas ARTIW metodu. Tam taikoma autoriaus pateikta nauja formulė, iš kurios veiksnių grupių reikšmingumo, veiksnio (C4) svarba apskaičiuojama pagal (8) formulę (duomenys imami iš 23 lentelės):

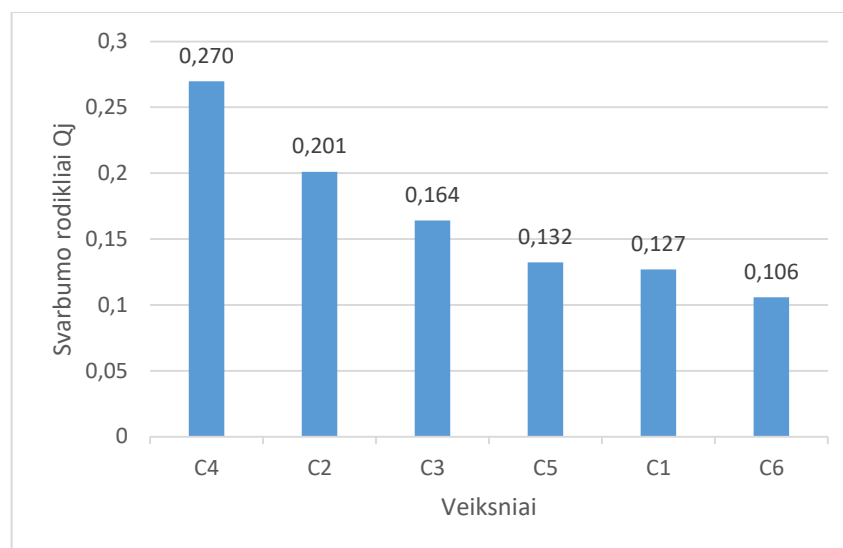
$$Q_j = \frac{(m+1) - \bar{R}_j}{\sum_{j=1}^m \bar{R}_j} = \frac{(6+1) - 1,333}{21} = 0,270. \quad (63)$$

čia m – kriterijų skaičius ($j = 1, 2, \dots, m$), $\bar{R}_j$ – j -ojo kriterijaus vidutinis rangas, apskaičiuotas pagal (3) formulę. Visų veiksmų svarbos rezultatai surašyti 24 lentelėje ir pagal svarbumą pateikti 27 pav.

24 lentelė. Veiksnių svarbos rezultatai

Rodiklis	Veiksniai					
	C4	C2	C3	C5	C1	C6
Svarbumo rodiklis Q_j	0,2684	0,20106	0,16402	0,13228	0,12698	0,10582

Šaltinis: sudaryta darbo autoriaus



27 pav. Normalizuoti veiksmų svarbumai (svoriai), ARTIW metodas

Šaltinis: sudarytas darbo autoriaus

Gaunama tokia prioritetinga išraiška (nuo svarbiausio veiksmo iki mažiausio svarbaus): $C4 > C2 > C3 > C5 > C1 > C6$.

3.6.1 Ekspertų nuomonė apie remonto įrankiai, įrenginiai, reikšmingumą, taikant AHP metodą

Grupės „remonto įrankiai, įrenginiai“ reikšmingumui vertinti buvo nustatyti 6 veiksniai. Ekspertams buvo įteiktos veiksmų porinio lyginimo anketos. Užpildytas vieno eksperto porinio lyginimo matricos pavyzdys pateiktas 25 lentelėje.

25 lentelė. Eksperto užpildyta veiksnų, porinio lyginimo matrica

Elementų sąveikos veiksnio		Rangas	Veiksny $j = 1, 2, \dots, n$						Tikrinis vektorius ω_i
			C1	C2	C3	C4	C5	C6	
Veiksny $i=1, 2, \dots, n$	C1	6	1	1	1/3	1/4	1/7	1/8	0,04321
	C2	5	1	1	1	1/3	1/5	1/6	0,06041
	C3	4	3	1	1	1	1/3	1/4	0,10150
	C4	3	4	3	1	1	1	1/2	0,17238
	C5	2	7	5	3	1	1	1	0,27775
	C6	1	8	6	4	2	1	1	0,34476

Šaltinis: sudarytas darbo autoriaus

Reikia surasti tikrinį vektorių. Tikrinis vektorius apskaičiuojamas 4 žingsniais (Шикин и Чхартишвили, 2000). Iš 25 lentelės duomenų surandamas tikrinis vektorius. Tikrinio vektoriaus skaičiavimo eiga ir kiekvieno skaičiavimo žingsnio rezultatai pateikti C priede.

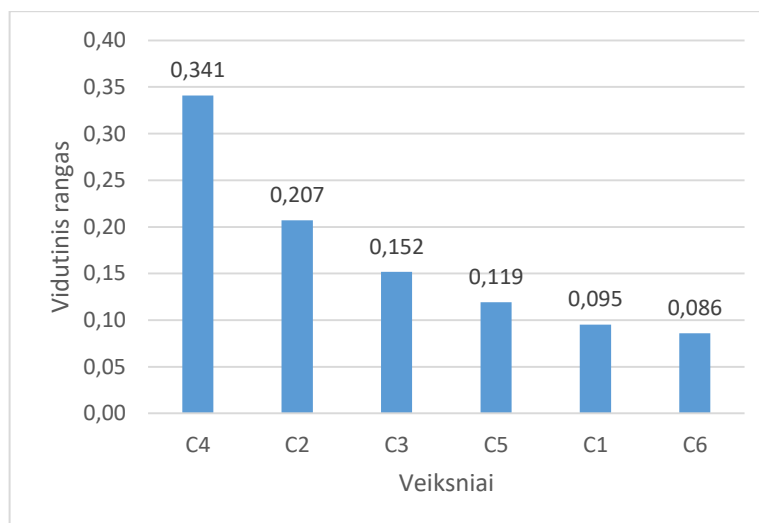
Visi ekspertų tikrinių vektorių skaičiavimo rezultatai pateikti 26 lentelėje.

26 lentelė. Tikrinių vektorių skaičiavimo rezultatai

Veiksniai	Eksperto Nr.									Svorių suma	Svorio vidurkis	Rangas
	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
C1	0,043	0,053	0,157	0,054	0,056	0,042	0,169	0,138	0,145	0,85801	0,09533	5
C2	0,060	0,166	0,288	0,262	0,264	0,177	0,117	0,256	0,272	1,86218	0,20691	2
C3	0,101	0,100	0,037	0,089	0,227	0,280	0,334	0,106	0,090	1,36552	0,15172	3
C4	0,172	0,375	0,376	0,398	0,329	0,347	0,239	0,415	0,417	3,06888	0,34099	1
C5	0,278	0,274	0,088	0,158	0,041	0,094	0,061	0,048	0,031	1,07328	0,11925	4
C6	0,345	0,032	0,054	0,038	0,082	0,060	0,080	0,036	0,045	0,77213	0,08579	6
Suma	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	9,0000	1,0000	21

Šaltinis: sudarytas darbo autoriaus

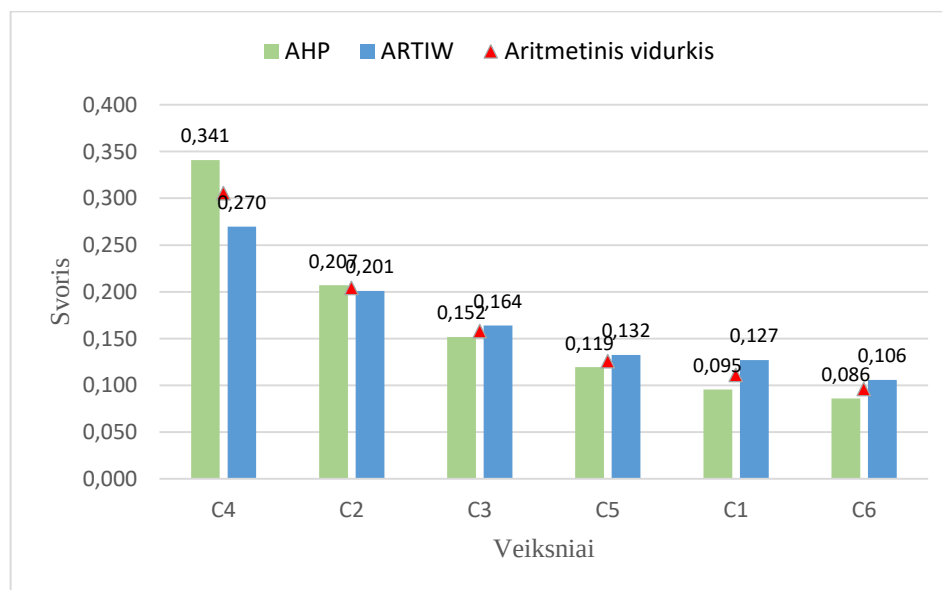
Iš surastų svorio vidurkių, pateiktų 26 lentelėje, braižoma svorio vidurkių stulpelinė diagrama 28 pav.



28 pav. Ekspertų nuomonės apie grupės „remonto įrankiai, įrenginiai“ reikšmingumą: svorio vidurkių stulpelinė diagrama, AHP metodas
Šaltinis: sudaryta darbo autoriaus

Gaunama tokia prioritentinė išraiška (nuo svarbiausio veiksnio iki mažiausiai svarbaus): $C4 > C2 > C3 > C5 > C1 > C6$.

Iš dviem skirtingais metodais gautų rezultatų sudaroma viena rezultatų palyginimo diagrama, rezultatai pavaizduoti 29 pav.



29 pav. Ekspertų nuomonės apie grupės „remonto įrankiai, įrenginiai“ reikšmingumą, svorių rezultatų lyginamoji stulpelinė diagrama, ARTIW ir AHP metodais
Šaltinis: sudaryta darbo autoriaus

Šis grafikas rodo, kad ARTIW ir AHP metodais nustatyti kriterijų svoriai turi tą pačią tendenciją: svarbiausias kriterijus yra C4 o mažiausiai svarbus C6, tačiau jų svorių reikšmės skiriasi. AHP metodu nustatytų svarbiausių kriterijų svoriai daugiau skiriasi nuo mažiausiai svarbių kriterijų svorių nei šių kriterijų svoriai nustatyti ARTIW metodu. AHP metodas yra jautresnis pačių pirmų svarbiausių kriterijų radimui, todėl skirtumas tarp AHP ir ARTIW metodo svarbiausių kriterijų rezultatų gana didelis.

Sudedami kiekvieno veiksnio metodų (AHP ir ARTIW) rezultatai ir padalijami iš 2, taip nustatomi ir pažymimi 17 diagramoje raudonu trikampiu apskaičiuoti abiejų metodų aritmetiniai vidurkiai (galutinis rezultatas), svarbiausio kriterijaus svarbumo rodiklis yra $Q_j = 0,305$, mažiausiai svarbaus kriterijaus svarbumo rodiklis yra $Q_j = 0,095$.

Randama didžiausia tikrinė šios matricos reikšmė $\lambda_{\max}$. Dauginama iš tikrinio vektoriaus ω . Sudauginami 25 lentelės pirmos eilutės elementai iš tikrinio vektoriaus ω :

$$1 \cdot 0,04321 + 1 \cdot 0,06041 + \frac{1}{3} \cdot 0,10150 + \frac{1}{4} \cdot 0,17238 + \frac{1}{7} \cdot 0,27775 + \frac{1}{8} \cdot 0,34476 = 0,2633. \quad (64)$$

Padalijus surastos eilutės pirmą elementą iš atitinkamo (pirmo) pradinės dauginamosios eilutės elemento, gaunama:

$$\frac{0,2633}{0,04321} = 6,0941. \quad (65)$$

Randamas jų aritmetinis vidurkis pagal (14) formulę. Gaunama:

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{6} (6,0941 + 6,2175 + 6,3320 + 6,2540 + 6,1344 + 6,0371) = 6,17822 \quad (66)$$

Gaunama, kad didžiausia tikrinė reikšmė $\lambda_{\max} = 6,17822$.

Žinoma, kad atvirkštinės simetrijos m eilės matricos didžiausia tikrinė reikšmė $\lambda_{\max} \geq m$. Šiuo atveju lyginimo matricos eilė arba lyginamųjų veiksnių skaičius $m = 6$. Tuo pačiu $6,17822 \geq 6$. Sąlyga tenkinama.

Skačiuojamas suderinamumo indeksas pagal (15) formulę, kuris apibrėžiamas taip:

$$.C.I = \frac{6,17822 - 6}{6 - 1} = 0,03564. \quad (67)$$

Matricos suderinamumas tuo geresnis, kuo mažesnė C.I. reikšmė. Idealiu atveju C.I.= 0

27 lentelė. Ekspertų didžiausia tikrinė reikšmė λ_{max} , suderinamumo santykis C.R., matricos suderinamumo indeksas C.I., atsitiktinis indeksas R.I..

Rodiklis	Eksperto Nr.								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Didžiausia tikrinė reikšmė λ_{max}	6,17822	6,31333	6,23500	6,23347	6,10554	6,18392	6,10776	6,09968	6,17975
Matricos suderinamumo indeksas C.I.	0,03565	0,06267	0,04700	0,04669	0,02111	0,03679	0,02155	0,01994	0,03595
Suderinamumo santykis, C.R.	0,02851	0,05013	0,0376	0,03735	0,01688	0,02942	0,01724	0,01594	0,02876
Atsitiktinis indeksas, R.I.	1,25								

Šaltinis: sudaryta darbo autoriaus

Matricos suderinamumo indekso C.I. ir atsitiktinio indekso vidurkio R.I., imamo iš lentelės (Saaty, 1980), santykis vadinamas suderinamumo santykiu C.R., rodančiu matricos suderinamumo laipsnį ir skaičiuojamas pagal (16) formulę

$$C.R = \frac{C.I}{R.I} = \frac{0,00356}{1,25} = 0,02851. \quad (68)$$

Matrica bus suderinta, jeigu santykio C.R. reikšmė mažesnė arba lygi 0,1. Kadangi $0,02851 < 0,1$, matrica yra suderinta. Visų ekspertų didžiausios tikrinės reikšmės λ_{max} , suderinamumo santykių C.R., matricos suderinamumo indeksų C.I., atsitiktinis indeksas R.I. pateiktas aukščiau esančioje 27 lentelėje.

3.6.2 Remontą atliekančios įmonės parametrai, nuomonių suderinamumas

Grupės „remonto įrankiai, įrenginiai“ (devynių ekspertų) konkordancijos koeficientas W, apskaičiuotas pagal (4) formulę, yra $W = 0,34577$. Skaičiuojant pagal (6) formulę, gaunama $\chi^2 = 15,5595$ o kritinė $\chi_{v,\alpha}^2$ reikšmė, paimta iš (chi-square distribution) skirstinio lentelės su $v = 6 - 1 = 5$ laisvės laipsnių ir reikšmingumo lygmeniu $\alpha = 0,01$, yra 15,09. Empirinė reikšmė $\chi^2 = 15,5595$ yra didesnė už kritinę $\chi_{v,\alpha}^2 = 15,09$ todėl ekspertų nuomonės yra suderintos. Mažiausia konkordancijos koeficiento W_{min} reikšmė yra apskaičiuojama pagal (7) formulę. Gauti rezultatai pateikti 28 lentelėje.

28 lentelė. Apskaičiuotos konkordancijos koeficiento W , apskaičiuotos χ^2 vertės ir konkordancijos koeficiento $W_{\min}$ reikšmės

w	χ^2	$w_{\min}$
0,34577	15,5595	0,33533

Šaltinis: sudaryta darbo autoriaus

Esant $v = 6 - 1 = 5$ laisvės laipsnių ir reikšmingumo lygmeniu $\alpha = 0,01$ galima teigti, kad ekspertų nuomonės suderintos: $W_{\min} = 0,33533 < 0,34577$.

3.7 Grupės ekspertų, darbo vietų savybės, nuomonių suderinamumas, taikant ARTIW metodą

Ekspertų nuomonės apie grupės „darbo vietų savybės“ svarbą (pirmumą) rangai buvo panaudoti skaičiuojant rangų vidurkius R_j , konkordancijos koeficientą W , kritinę Pirsono statistiką (angl. *Pearson chi-square statistic*) χ^2 ir pateikti 29-oje lentelėje. veiksmų grupių reikšmingumai, vidutinį rangą R_j patogu skaičiuoti naudojant skaičiavimo veiksmų 3 lentelę.

29 lentelė. Darbo vietų savybių reikšmingumai, ekspertų rangai R_{ij}

Eksperto kodas $i=1,2,\dots,n$	Veiksmų grupių reikšmingumai, žymuo, $j=1,2,\dots,m$				Rangų suma
	D1	D2	D3	D4	
E1	4	3	2	1	10
E2	4	1	2	3	10
E3	4	2	1	3	10
E4	3	1	2	4	10
E5	4	2	3	1	10
E6	3	1	2	4	10
E7	4	3	1	2	10
E8	3	2	1	4	10
E9	4	2	1	3	10
$\sum_{i=1}^n R_{ij} = R_i$	33	17	15	25	90
$\bar{R}_j = \sum_{i=1}^n R_{ij}/n$	3,66667	1,88889	1,66667	2,77778	10
$\sum_{i=1}^n R_{ij} - \frac{n(m+1)}{2}$	10,5	-5,5	-7,5	2,5	0
$\left[\sum_{i=1}^n R_{ij} - \frac{1}{2}n(m+1) \right]^2$	110,25	30,25	56,25	6,25	203

Šaltinis: sudarytas darbo autoriaus

Veiksnių grupių reikšmingumai, bendra rangų suma:

$$\sum_{i=1}^9 R_j = 90 \quad (69)$$

visų j rangų vidurkių $\bar{R}_j$ suma:

$$\sum_{i=1}^9 \bar{R}_j = 10. \quad (70)$$

Veiksnių rangų vidurkis apskaičiuotas arba gaunamas jam ekspertų suteiktų bendrą rangų sumą dalijant iš veiksmų skaičiaus m:

$$\sum_{i=1}^9 \bar{R}_j = \frac{90}{10} = 9. \quad (71)$$

Kvadratų nuokrypių suma pagal (5) formulę:

$$S = 203 \quad (72)$$

Naudojant ekspertų apklausos duomenis ir skaičiuojant pagal (6) formulę, χ^2 :

$$\chi^2 = \frac{9 \cdot 203}{9 \cdot 4(4+1)} = 10,15. \quad (73)$$

Kritinė reikšmė $\chi^2_{v,\alpha}$, paimta iš (chi-square distribution) skirstinio lentelės su $v = 4 - 1 = 3$ laisvės laipsnių ir reikšmingumo lygmeniu $\alpha = 0,05$, yra 7,81. Empirinė reikšmė $\chi^2 = 10,15$ yra didesnė už kritinę $\chi^2_{v,\alpha} = 7,81$. Tai rodo, kad ekspertų vertinimai suderinti (Čekanavičius, Murauskas 2004).

Ekspertų nuomonių suderinamumą rodantis konkordancijos koeficientas W, apskaičiuotas pagal (4) formulę:

$$W = \frac{9 \cdot 203}{9^2(4^3 - 4)} = 0,38889 \quad (74)$$

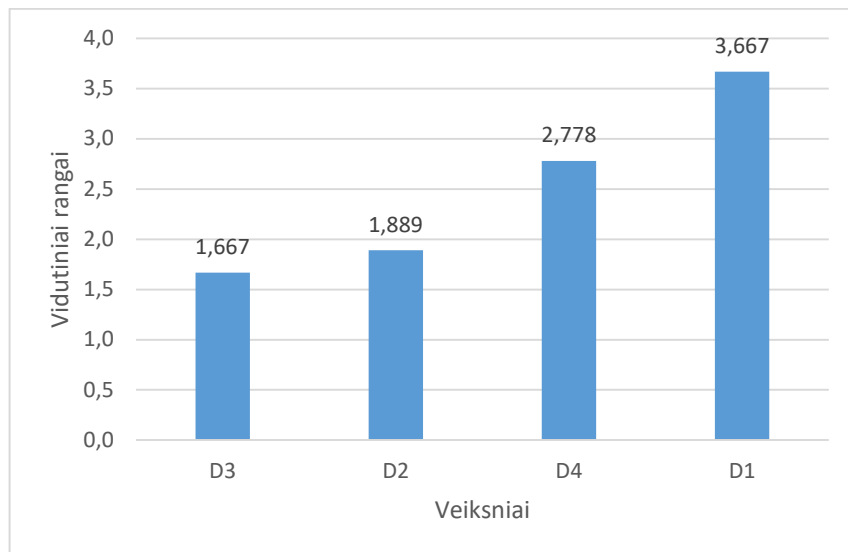
Mažiausia konkordancijos koeficiento $W_{\min}$ reikšmė apskaičiuojama pagal (7) formulę:

$$W_{\min} = \frac{7,81}{9(4 - 1)} = 0,28926 \quad (75)$$

Apskaičiuotasis (empirinis) konkordancijos koeficientas $W = 0,38889$ yra didesnis už minimalią jo reikšmę $W_{\min} = 0,28926$, kuriai esant galima laikyti, kad ekspertų nuomonės veiksmų grupės reikšmingumui yra suderintos.

Jeigu ekspertų nuomonės suderintos, konkordancijos koeficiento W reikšmė yra arti vienetui, jeigu vertinimai labai skiriasi – W reikšmė yra arti nulio.

Ekspertų nuomonės apie grupės „remonto įrankiai, įrenginiai“ reikšmingumą vidutinių rangų $\bar{R}_j$ apskaičiuotųjų verčių stulpelinė diagrama pateikta 30 pav.



30 pav. Ekspertų nuomonės apie grupės „darbo vietų savybės“ reikšmingumą: vidutinis rangas stulpelinė diagrama, rangų koreliacijos metodas

Šaltinis: sudaryta darbo autoriaus

Gaunama tokia prioritentinė išraiška (nuo svarbiausio veiksnio iki mažiausiai svarbaus): $D3 > D2 > D4 > D1$.

Pagal kitą metodiką nustatoma veiksmų grupių reikšmingumai, svarba (svoriai). Ekspertų vertinamo objekto kokybės veiksmų normalizuotas (jų sumą prilyginant vienetui) svarbumas (svoriai) gali būti nustatomas skaičiuojant autoriaus (Sivilevičius, 2011) siūlomą kiekvieno veiksnio svarbumo rodiklį Q_j . Šis metodas vadinamas ARTIW metodu. Tam taikoma autoriaus pateikta nauja formulė, iš kurios veiksmų grupių reikšmingumo, veiksnio ($D3$) svarba apskaičiuojama pagal (8) formulę (duomenys imami iš 29 lentelės):

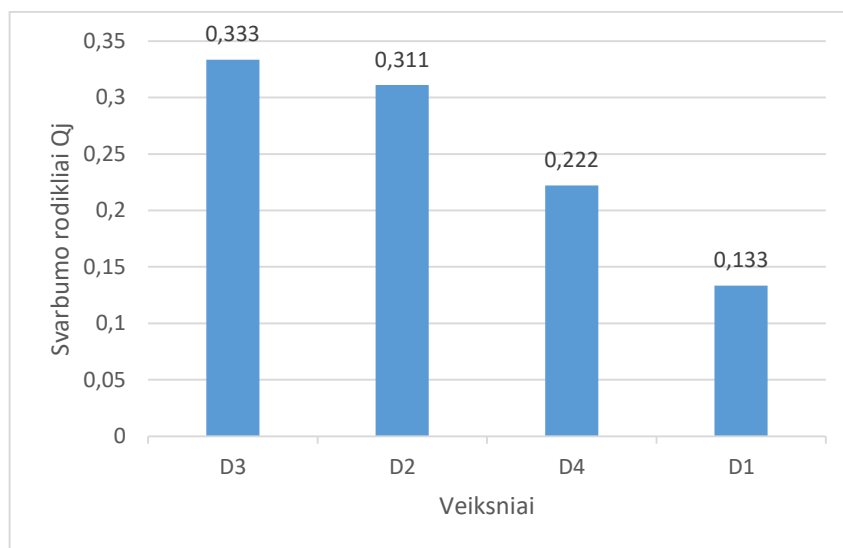
$$Q_j = \frac{(m+1) - \bar{R}_j}{\sum_{j=1}^m \bar{R}_j} = \frac{(4+1) - 1,667}{10} = 0,3333. \quad (76)$$

čia: m – kriterijų skaičius ($j = 1, 2, \dots, m$), $\bar{R}_j$ – j -ojo kriterijaus vidutinis rangas, apskaičiuotas pagal (3) formulę. Visų veiksmų svarbos rezultatai surašyti 30 lentelėje ir pagal svarbumą pateikti 31 pav.

30 lentelė. Veiksnių svarbos rezultatai

Rodiklis	Veiksniai			
	D3	D2	D4	D1
Svarbumo rodikliai Qj	0,3333	0,311111	0,22222	0,13333

Šaltinis: sudaryta darbo autoriaus



31 pav. Normalizuoti veiksnių svarbumai (svoriai), ARTIW metodas

Šaltinis: sudarytas darbo autoriaus

Gaunama tokia prioritetingė išraiška (nuo svarbiausio veiksnio iki mažiausiai svarbaus): $D3 > D2 > D4 > D1$.

3.7.1 Ekspertų nuomonė apie darbo vietų savybių reikšmingumą, taikant AHP metodą

Grupės „darbo vietų savybės“ reikšmingumui vertinti buvo nustatyti 4 veiksniai. Ekspertams buvo įteiktos veiksmų porinio lyginimo anketos. Užpildytas vieno eksperto porinio lyginimo matricos pavyzdys pateiktas 31 lentelėje.

31 lentelė. Eksperto užpildyta veiksmų, porinio lyginimo matrica

Elementų sąveikos veiksnio		Rangas	Veiksnyje $j=1,2,\dots,n$				Tikrinis vektorius ω_i
			D1	D2	D3	D4	
Veiksnyje $i=1,2,\dots,n$	D1	4	1	1/3	1/7	1/9	0,04797
	D2	3	3	1	1/2	1/6	0,12578
	D3	2	7	2	1	1	0,34407
	D4	1	9	6	1	1	0,48218

Šaltinis: sudarytas darbo autoriaus

Reikia surasti tikrinį vektorių. Tikrinis vektorius apskaičiuojamas 4 žingsniais (Шикин и Чхартишвили, 2000). Iš 31 lentelės duomenų surandamas tikrinis vektorius. Tikrinio vektoriaus skaičiavimo eiga ir kiekvieno skaičiavimo žingsnio rezultatai pateikti D priede.

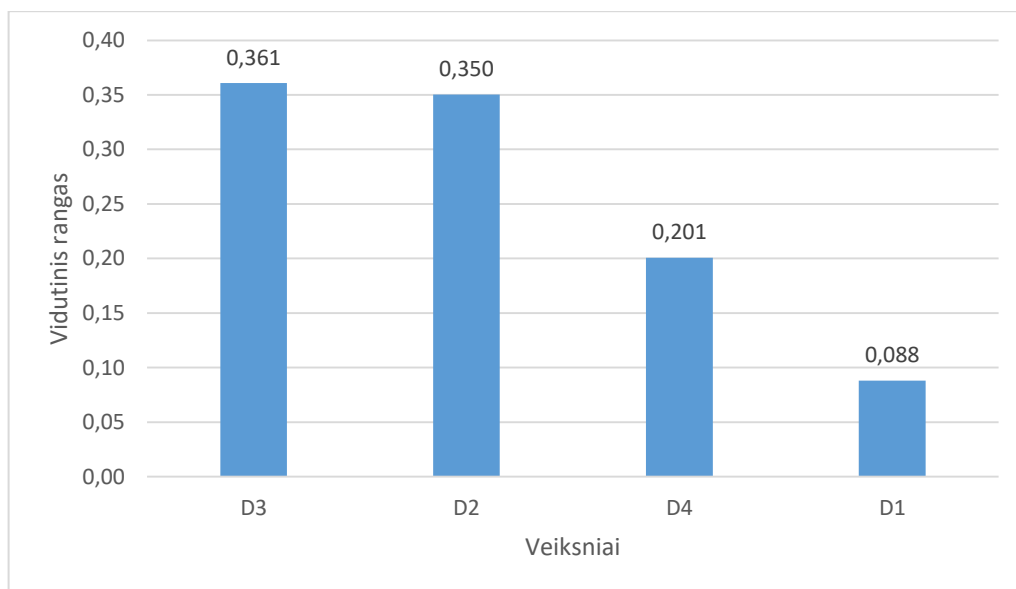
Visi ekspertų tikrinių vektorių skaičiavimo rezultatai pateikti 32 lentelėje.

32 lentelė. Tikrinių vektorių skaičiavimo rezultatai

Veiksniai	Eksperto Nr.									Svorių suma	Svorio vidurkis	Rangas
	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
C1	0,048	0,043	0,061	0,137	0,041	0,134	0,151	0,135	0,043	0,79213	0,08801	4
C2	0,126	0,550	0,332	0,465	0,316	0,518	0,199	0,340	0,308	3,15261	0,35029	2
C3	0,344	0,278	0,483	0,344	0,147	0,283	0,370	0,473	0,527	3,24899	0,361	1
C4	0,482	0,130	0,125	0,053	0,496	0,065	0,281	0,051	0,123	1,80628	0,2007	3
Suma	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	9,0000	1,0000	10

Šaltinis: sudarytas darbo autoriaus

Iš surastų svorio vidurkių, pateiktų 32 lentelėje, braižoma svorio vidurkių stulpelinė diagrama (32 pav.).

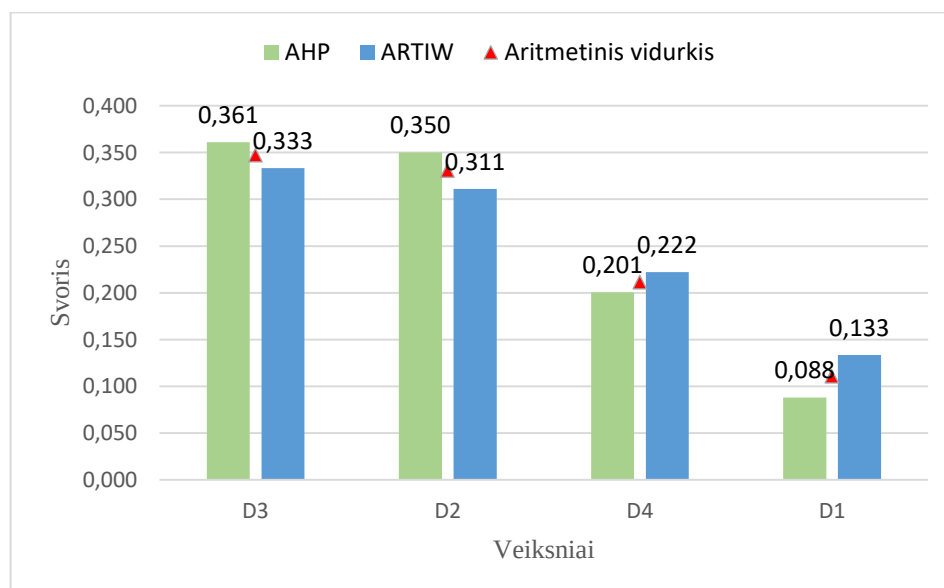


32 pav. Ekspertų nuomonės apie grupės „darbo vietų savybės“ reikšmingumą: svorio vidurkių stulpelinė diagrama, AHP metodas

Šaltinis: sudaryta darbo autoriaus

Gaunama tokia prioritentinė išraiška (nuo svarbiausio veiksnio iki mažiausiai svarbaus): $D3 > D2 > D4 > D1$.

Iš dviem skirtingais metodais gautų rezultatų sudaroma viena rezultatų palyginimo diagrama, rezultatai pavaizduoti 33 pav.



33 pav. Ekspertų nuomonės apie grupės „darbo vietų savybės“ reikšmingumą, svorių rezultatų lyginamoji stulpelinė diagrama, ARTIW ir AHP metodais

Šaltinis: sudaryta darbo autoriaus

Šis grafikas rodo, kad ARTIW ir AHP metodais nustatyti kriterijų svoriai turi tą pačią tendenciją: svarbiausias kriterijus yra D3 o mažiausiai svarbus D1, tačiau jų svorių reikšmės skiriasi. AHP metodu nustatytų svarbiausių kriterijų svoriai daugiau skiriasi nuo mažiausiai svarbių kriterijų svorių nei šių kriterijų svoriai nustatyti ARTIW metodu. AHP metodas yra jautresnis pačių pirmų svarbiausių kriterijų radimui, todėl skirtumas tarp AHP ir ARTIW metodo svarbiausių kriterijų rezultatų gana didelis.

Sudedami kiekvieno veiksnio metodų (AHP ir ARTIW) rezultatai ir padalijami iš 2, taip nustatomi ir pažymimi 21 diagramoje raudonu trikampi apskaičiuoti abiejų metodų aritmetiniai vidurkiai (galutinis rezultatas), svarbiausio kriterijaus svarbumo rodiklis yra $Q_j = 0,347$, mažiausiai svarbaus kriterijaus svarbumo rodiklis yra $Q_j = 0,110$.

Randama didžiausia tikrinė šios matricos reikšmė $\lambda_{\max}$. Dauginama iš tikrinio vektoriaus ω . Sudauginami 31 lentelės pirmos eilutės elementai iš tikrinio vektoriaus ω :

$$1 \cdot 0,04797 + \frac{1}{3} \cdot 0,12578 + \frac{1}{7} \cdot 0,34407 + \frac{1}{9} \cdot 0,48218 = 0,19262. \quad (77)$$

Padalijus surastos eilutės pirmą elementą iš atitinkamo (pirmo) pradinės dauginamosios eilutės elemento, gaunama:

$$\frac{0,19262}{0,04797} = 4,01531. \quad (78)$$

Randamas jų aritmetinis vidurkis pagal (14) formulę. Gaunama:

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{4}(4,01531 + 4,1509 + 4,10852 + 4,17407) = 4,11222. \quad (79)$$

Gaunama, kad didžiausia tikrinė reikšmė $\lambda_{\max} = 4,11222$.

Žinoma, kad atvirkštinės simetrijos m eilės matricos didžiausia tikrinė reikšmė $\lambda_{\max} \geq m$. Šiuo atveju lyginimo matricos eilė arba lyginamųjų veiksnių skaičius $m = 4$. Tuo pačiu $4,11222 \geq 4$. Sąlyga tenkinama.

Skaičiuojamas suderinamumo indeksas pagal (15) formulę, kuris apibrėžiamas taip:

$$C.I = \frac{4,11222 - 4}{4-1} = 0,03740. \quad (80)$$

Matricos suderinamumas tuo geresnis, kuo mažesnė C.I. reikšmė. Idealiu atveju C.I.= 0

33 lentelė. Ekspertų didžiausia tikrinė reikšmė λ_{max} , suderinamumo santykis C.R., matricos suderinamumo indeksas C.I., atsitiktinis indeksas R.I..

Rodiklis	Eksperto Nr.								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Didžiausia tikrinė reikšmė λ_{max}	4,11222	4,08448	4,07852	4,08305	4,16344	4,01219	4,08118	4,07971	4,07278
Matricos suderinamumo indeksas C.I.	0,03741	0,02816	0,02617	0,02768	0,05448	0,00406	0,02706	0,02657	0,02426
Suderinamumo santykis, C.R.	0,04203	0,03164	0,02941	0,03110	0,06121	0,00456	0,03040	0,02985	0,02726
Atsitiktinis indeksas, R.I.	0,89								

Šaltinis: sudaryta darbo autoriaus

Matricos suderinamumo indekso C.I. ir atsitiktinio indekso vidurkio R.I., imamo iš lentelės (Saaty, 1980), santykis vadinamas suderinamumo santykiu C.R., rodančiu matricos suderinamumo laipsnį ir skaičiuojamas pagal (16) formulę:

$$C.R = \frac{C.I}{R.I} = \frac{0,03740}{0,89} = 0,04203. \quad (81)$$

Matrica bus suderinta, jeigu santykio C.R. reikšmė mažesnė arba lygi 0,1. Kadangi $0,04203 < 0,1$, matrica yra suderinta. Visų ekspertų didžiausios tikrinės reikšmės λ_{max} , suderinamumo santykių C.R., matricos suderinamumo indeksų C.I., atsitiktinis indeksas R.I. pateiktas aukščiau esančioje 33 lentelėje.

3.7.2 Darbo vietų savybės, nuomonių suderinamumas

Grupės „darbo vietų savybės“ (devynių ekspertų) konkordancijos koeficientas W, apskaičiuotas pagal (4) formulę, yra $W = 0,38889$. Skaičiuojant pagal (6) formulę, gaunama $\chi^2 = 10,15$ o kritinė $\chi^2_{v,\alpha}$ 2 reikšmė, paimta iš (chi-square distribution) skirstinio lentelės su $v = 4 - 1 = 3$ laisvės laipsnių ir reikšmingumo lygmeniu $\alpha = 0,05$, yra 7,81. Empirinė reikšmė $\chi^2 = 10,15$ yra didesnė už kritinę $\chi^2_{v,\alpha} = 7,81$ todėl ekspertų nuomonės yra suderintos. Mažiausia konkordancijos koeficiento W_{min} reikšmė yra apskaičiuojama pagal (7) formulę. Gauti rezultatai pateikti 34 lentelėje.

34 lentelė. Apskaičiuotos konkordancijos koeficiento W , apskaičiuotos χ^2 vertės ir konkordancijos koeficiento W_{min} reikšmės

w	χ^2	w_{min}
0,38889	10,15	0,28926

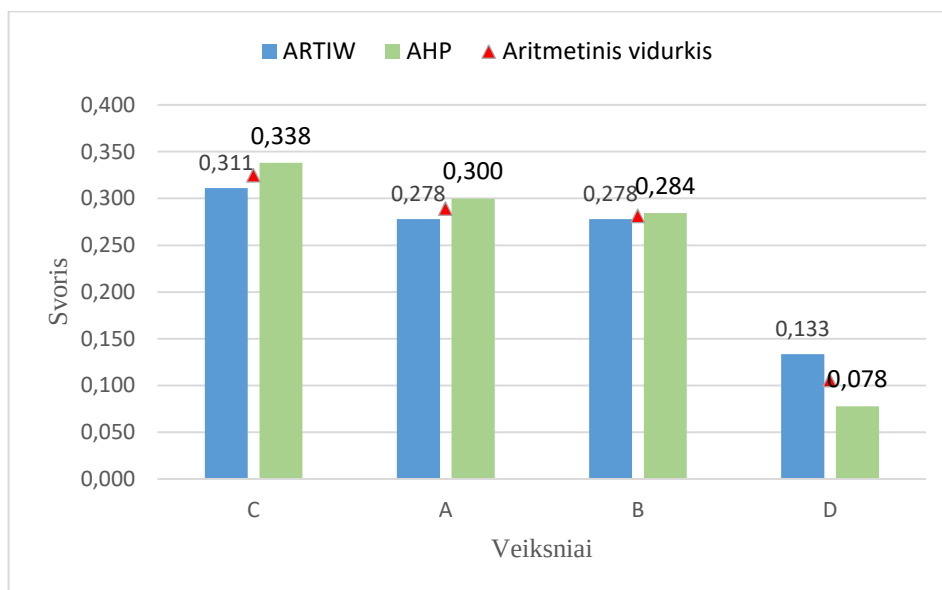
Šaltinis: sudaryta darbo autoriaus

Esant $v = 4 - 1 = 3$ laisvės laipsnių ir reikšmingumo lygmeniu $\alpha = 0,01$ galima teigti, kad ekspertų nuomonės suderintos: $W_{min} = 0,28926 < 0,38889$.

4. SPRENDINIAI IR SIŪLYMAI TURBOKOMPRESORIAUS TECHININĖS PRIEŽIŪROS IR REMONTO EFEKTYVUMUI DIDINTI

Darbo proceso modeliavimas ir jo gerinimas yra nenutrūkstamas. Bandymai analitiniu būdu nuspręsti, kokie darbai turėtų būti padaryti ir kaip jie turi būti padaryti vadinami metodų analize. Metodų analizė remiasi gerai atliktų stebėjimų ir tyrimų duomenimis. Analizuojant metodus daugiausiai dėmesio skiriama darbams, kurie negali būti atlikti be žmogaus pagalbos.

Pagal atliktus skaičiavimus AHP metodu iš ekspertų atliktų apklausų buvo nustatyta, jų nuomone, svarbiausia ir didžiausią įtaką turbokompresoriaus techninei priežiūrai ir remonto efektyvumui daranti grupė C, t. y. „Remonto įrankiai, įrenginiai“, mažiausiai svarbi grupė D, t. y. „Darbo vietų savybės“, tyrimo rezultatai pateikti 34 pav.



34 pav. Ekspertų nuomonės apie veiksnų grupių reikšmingumą, svorių rezultatų lyginamoji stulpelinė diagrama, ARTIW ir AHP metodais

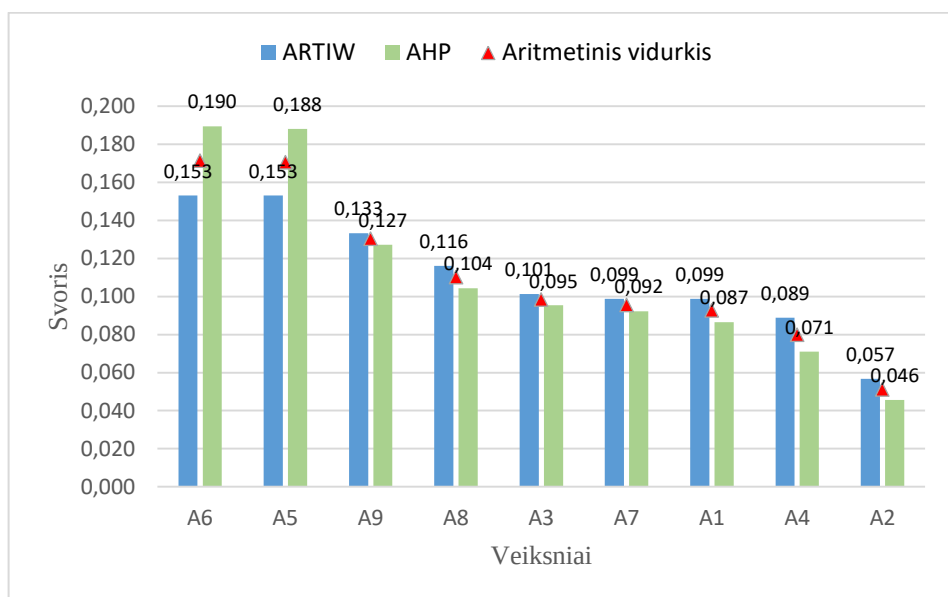
Šaltinis: sudaryta darbo autoriaus

34 pav. raudonu trikampiu pažymėti apskaičiuoti abiejų metodų aritmetiniai vidurkiai (galutinis rezultatas), svarbiausio kriterijau C svarbumo rodiklis yra $Q_j = 0,324$, mažiausiai svarbaus kriterijaus D svarbumo rodiklis yra $Q_j = 0,105$. Vadinasi, kad norit padidinti įmonės efektyvumą didžiausią dėmesį reiktų skirti remonto įrankiams ir įrenginiams.

Atlikus tyrimą (AHP) metodo būdu kiekvienoje darbo autoriaus sudarytoje grupėje (4-iose grupėse) buvo rasta po viena didžiausią įtaką darantį veiksnių turbokompresoriaus techninės priežiūros ir remonto efektyvumui. Grupės A (remontą atliekančios įmonės personalas) nustatytas svarbiausias

kriterijus yra „A5 – Nekokybiškas naujai priimtu darbuotoju paruošimas, prastos žinios ir gebėjimai“. Grupė B (Remontą atliekančios įmonės parametrai) nustatytas svarbiausias kriterijus yra B3 – „neadekvatūs darbo terminai verčiantys skubėti ir klysti“. Grupė C (Remonto įrankiai, įrenginiai) nustatytas svarbiausias kriterijus yra C4 – „darbo įrankių ir įrenginių trūkumas“. Grupė D – (darbo vietų savybės) nustatytas svarbiausias kriterijus yra D3 – „Nekomfortiška, trukdanti susikaupti darbo vieta“.

- Grupės A (remontą atliekančios įmonės personalas) nustatytas svarbiausias kriterijus yra „A5 – Nekokybiškas naujai priimtu darbuotoju paruošimas, prastos žinios ir gebėjimai“, tyrimo rezultatai pateikti 35 pav.



35 pav. Ekspertų nuomonės apie grupės „remontą atliekančios įmonės personalas“, svorių rezultatų lyginamoji stulpelinė diagrama, ARTIW ir AHP metodais
Šaltinis: sudaryta darbo autoriaus

35 pav. raudonu trikampiu pažymėti apskaičiuoti abiejų metodų aritmetiniai vidurkiai (galutinis rezultatas), svarbiausio kriterijau svarbumo rodiklis yra $Q_j = 0,171$, mažiausiai svarbaus kriterijaus svarbumo rodiklis yra $Q_j = 0,051$.

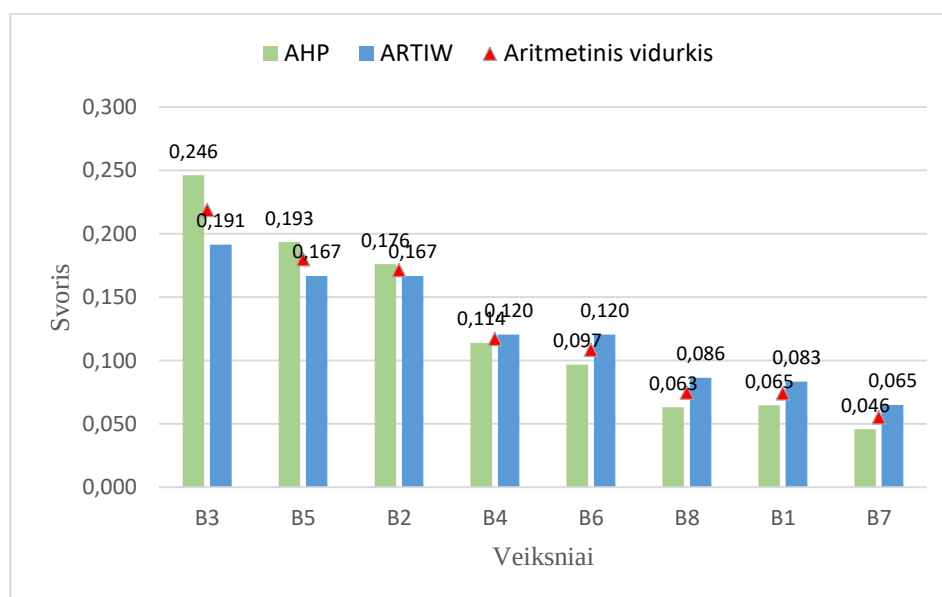
Nepaisant adaptacijos proceso naudos organizacijoms, dažnai iškyla problema, jog šiam procesui skiriamas nepakankamas dėmesys. Darbuotojo atėjimas į naują organizaciją yra svarbus ir naujam darbuotojui, ir organizacijai. Darbuotojui tai naujos veiklos etapas ir todėl organizacija, norėdama gauti maksimalią naudą, naujo darbuotojo adaptacijai turėtų sudaryti itin palankias sąlygas.

Organizacijai galima pritaikyti šiuos 4 valdymo būdus – 1) naujoko pasiruošimo lygio įvertinimas, 2) praktinio supažindinimo su būsimois pareigomis, 3) aktyvaus tobulėjimo, 4) veikimo bei priemonių: naujoko pasiruošimo lygio įvertinimo etapą sudaro šios priemonės: personalo

pristatymas, darbo sutarties išsiaiškinimas, darbo sutarties suderinimas, darbuotojo pažymėjimas, supažindinimas su organizacijos aplinka, kuratoriaus paskyrimas; praktinį supažindinimą su būsimomis pareigomis etapą sudaro: vadovų pristatymas, pareigybių nustatymas, atskaitomybės nustatymas; aktyvios adaptacijos etapą sudaro: bendradarbių pristatymas, organizacijos vertybių, tradicijų ir kt. pristatymas; pagalbos naujokui skyrimas; veikimo etapą sudaro: kuratoriaus pagalbos skyrimas, integracija į kolektyvą, iškylančių problemų sprendimas.

Naujoko pasiruošimo lygio įvertinimas – be visų esamų priemonių svarbu, kad būtų išsiaiškinti naujoko poreikiai, būtina supažindinti naujoką su nauja jo darbo vieta ir be to, norint, kad darbuotojais greičiau pritaptų yra būtinas mokymų paskyrimas. Sekančiame praktinio supažindinimo su būsimomis pareigomis etape būtina naujoką informuoti apie naujus uždavinius, keliamus reikalavimus, bei išsiaiškinti atlygio nustatymo sistemą, paskirti kuratorių.

- Grupė B (Remontą atliekančios įmonės parametrai) nustatytas svarbiausias kriterijus yra B3 „neadekvatūs darbo terminai verčiantys skubėti ir klysti“, tyrimo rezultatai pateikti 36 pav.



36 pav. Ekspertų nuomonės apie grupės „remontą atliekančios įmonės parametrai“ svorių rezultatų lyginamoji stulpelinė diagrama, ARTIW ir AHP metodais

Šaltinis: sudaryta darbo autoriaus

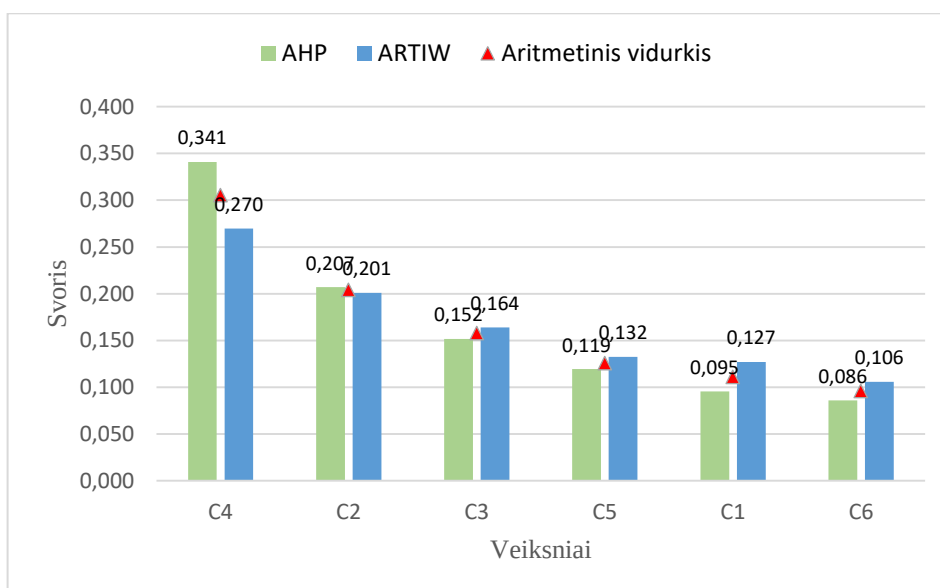
36 pav. raudonu trikampiu pažymėti apskaičiuoti abiejų metodų aritmetiniai vidurkiai (galutinis rezultatas), svarbiausio kriterijau svarbumo rodiklis yra $Q_j = 0,218$, mažiausiai svarbaus kriterijaus svarbumo rodiklis yra $Q_j = 0,055$.

Kadangi organizacija kaip ir kitos organizacijos yra susitelkusi į pelną, mažiau arba visai neinvestuoja į darbuotojus, sukuriama darbo terminai neatsižvelgiant į darbuotojų pajėgumą atlikti

nurodytus darbus arba neįvertina darbų apimtį ir darbuotojų skaičiaus nurodytam darbui atlikti. Darbuotojui užbrėžiami tikslai su neadekvačiais terminais, išsakomos sąlygos dėl kurių darbuotojas pradeda skubėti, toliau klysti taip atlikdamas nekokybiškus darbus, kuriuos vėliau tenka taisyti ir perdaryti, taip pati organizacija sukuria nekokybiškai atliktus darbus bei didelę darbuotojų kaitą organizacijoje. Atlikus tyrimą iš gautų ekspertų duomenų galima suprasti, kad organizacijoje yra bėda su darbuotojams paskirtais darbų atlikimo terminais.

Teoriškai įmonės vadovai turi bendrauti bei įvertinti darbuotojų galimybes, kartu nustatyti darbo planą bei darbų atlikimo terminus.

- Iš analizės būdu rastos grupės C (Remonto įrankiai, įrenginiai) kriterijų darančių didžiausią įtaką turbokompresoriaus techninei priežiūrai ir remonto efektyvumui nustatytas (C4 – darbo įrankių ir įrenginių trūkumas), tyrimo rezultatai pateikt 37 pav.



37 pav. Ekspertų nuomonės apie grupės „remonto įrankiai, įrenginiai“ reikšmingumą, svorių rezultatų lyginamoji stulpelinė diagrama, ARTIW ir AHP metodais

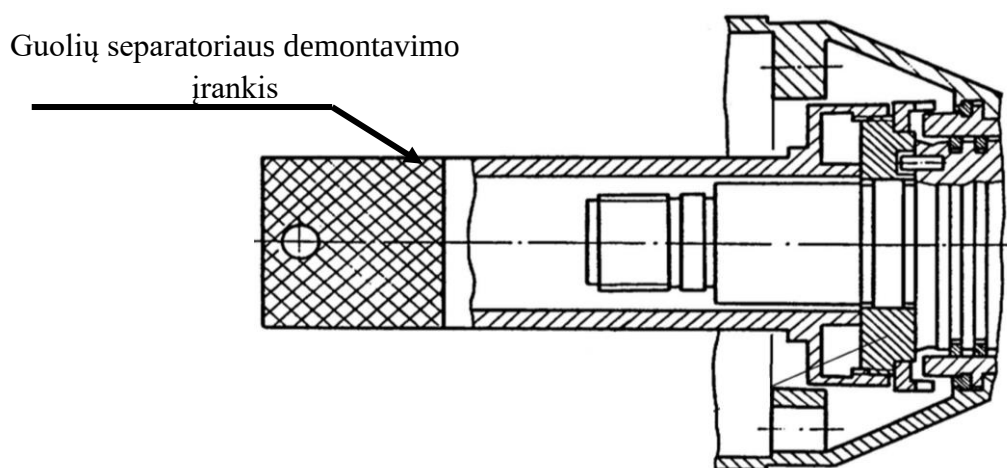
Šaltinis: sudaryta darbo autoriaus

37 pav. raudonu trikampiu pažymėti apskaičiuoti abiejų metodų aritmetiniai vidurkiai (galutinis rezultatas), svarbiausio kriterijau svarbumo rodiklis yra $Q_j = 0,305$, mažiausiai svarbaus kriterijaus svarbumo rodiklis yra $Q_j = 0,095$.

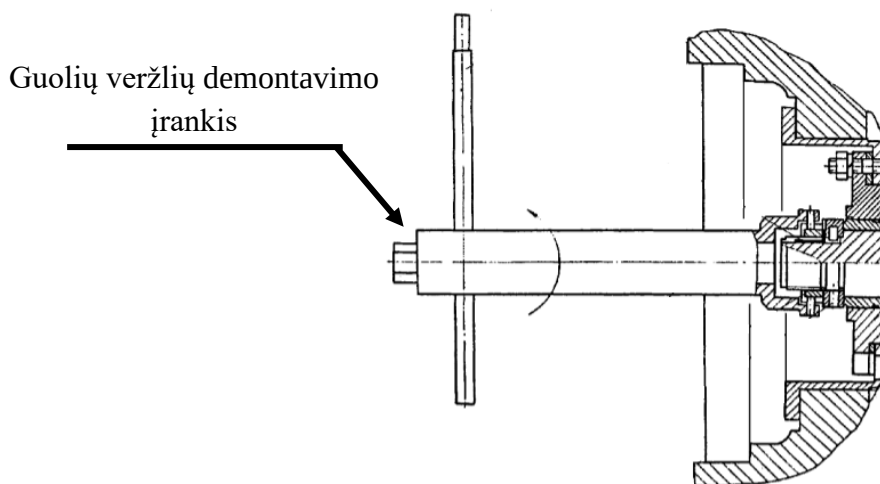
Apklausoje bei vertinimo metu buvo nustatyti įrankiai stebėjimo ir lyginimo būdu su gamintojo turbokompresoriaus remonto instrukcija, kurių įmonė neturi ir pagal gamintojo turbokompresoriaus remonto instrukciją nurodyti, siūlomi įrankiai įsigyti.

Darbuotojui atliekant įsiurbimo korpuso veržlių demontavimą, kiekvieną veržlę atsukama naudojant kombinuotą veržliaraktį, kuriuo metu galima atsukinėti veržles pneumatinių veržliasukiu, kadangi suspausto oro stotelė yra sumontuota prie pat darbo posto, taip pat darbas atliekamas demontuojant turbokompresoriaus išmetimo korpusą, bei šių korpusų sumontavimo procese.

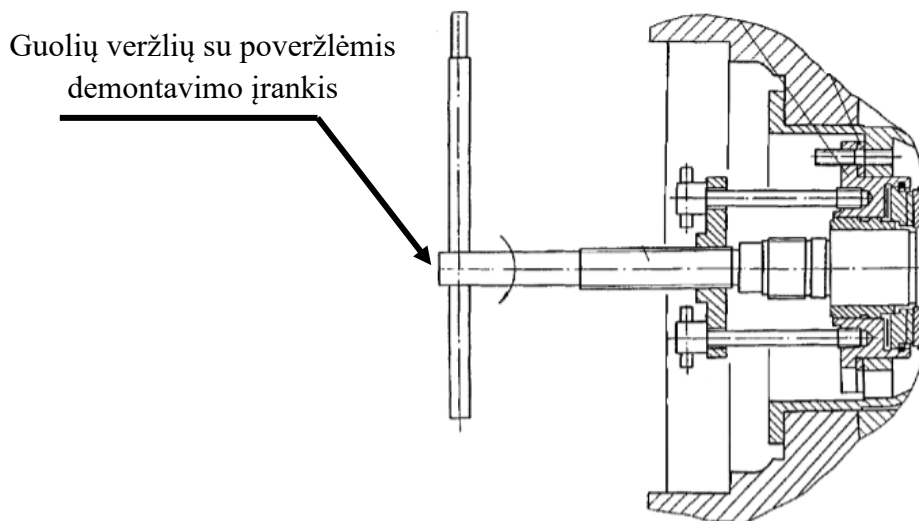
Demontuodamas turbokompresoriaus guolius, guolių veržles, guolių separatorius darbuotojas telkiasi į pagalba savadarbius įrankius, kadangi įmonė įrankių pagal gamintojo darbų instrukciją neturi, siūloma įsigyti bei naudoti specialius pagal gamintojo remonto instrukcija TURBOCHARGER TK32, naudojimo instrukcija TC 3207RE ,2011 nurodytus įrankius turbokompresorių remonto darbams atlikti. Remonto įrankiai pateikti žemiau 38 pav., 39 pav., 40 pav.



38 pav. Trūkstamas pagrindinis įrankis, kuris efektyviai ir greitai demontuoja guolio separatorių
Šaltinis: UAB „Penzadizelmash“ TURBOCHARGER TK32. Naudojimo instrukcija TC 3207RE ,2011



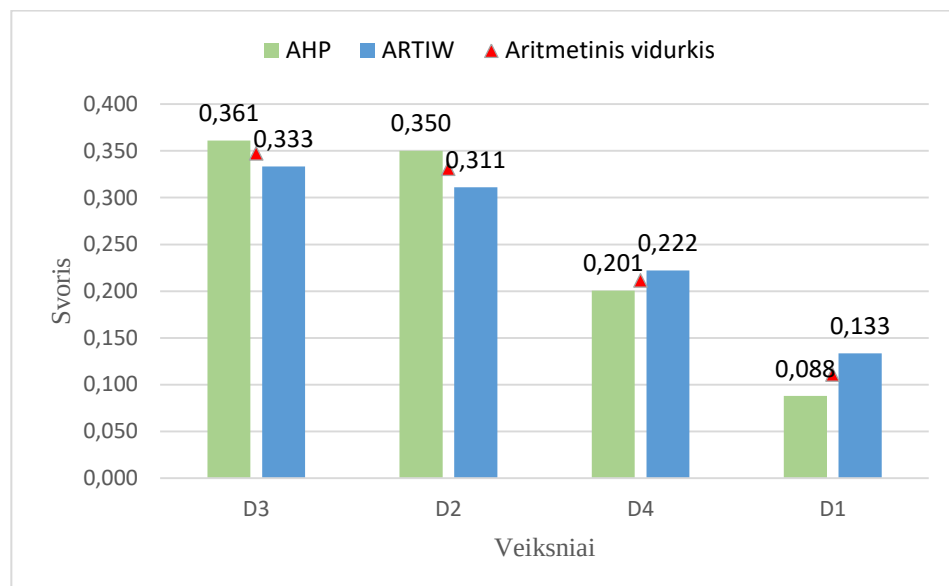
39 pav. Trūkstamas pagrindinis įrankis, kuris efektyviai ir greitai demontuoja guolio veržles
Šaltinis: UAB „Penzadizelmash“ TURBOCHARGER TK32. Naudojimo instrukcija TC 3207RE ,2011



40 pav. Trūkstamas pagrindinis įrankis, kuris efektyviai ir greitai demontuoja guolį
Šaltinis: UAB „Penzadizelmash“ TURBOCHARGER TK32. Naudojimo instrukcija TC 3207RE ,2011

Dalis atliekamų darbų, kuriuose darbuotojui tenka demontuoti, montuoti mažo dydžio veržles atliekami naudojant kombinuotą veržliaraktį, taip atliekamas darbas sugaišta didelį kiekį laiko bei darbuotojas po kurio laiko tampa pavargęs ir išsekęs. Šiuo atveju galima naudoti akumuliatorinį suktuvą, trumpuose bet dažnuose darbo atkarpose.

- Grupė D – (darbo vietų savybės) nustatytas svarbiausias kriterijus yra D3 – „Nekomfortiška, trukdanti susikaupti darbo vieta“, tyrimo rezultatai pateikti 41 pav.



41 pav. Ekspertų nuomonės apie grupės „darbo vietų savybės“ reikšmingumą, svorių rezultatų lyginamoji stulpelinė diagrama, ARTIW ir AHP metodais

Šaltinis: sudaryta darbo autoriaus

41 pav. raudonu trikampiu pažymėti apskaičiuoti abiejų metodų aritmetiniai vidurkiai (galutinis rezultatas), svarbiausio kriterijau svarbumo rodiklis yra $Q_j = 0,347$, mažiausiai svarbaus kriterijaus svarbumo rodiklis yra $Q_j = 0,110$.

Didesnis darbo našumas – tai patogi, nevarginanti, puikiai pasiekama, turinti gerą apšvietimą darbo vieta, kitaip tariant ergonomiška darbo vieta, šią vietą pagrinde turi sukurti darbdavys. Darbo vieta daro didelę įtaką darbuotojo darbo našumui. Atlikti psichologiniai tyrimai yra parodę, kad žmogaus darbas bei elgsena priklauso nuo tokių veiksnių, kaip: darbo vietos temperatūros, drėgnumo, apšvietimo, triukšmingumo ir net privatumo lygio. Bendri reikalavimai, kurių organizacija turi vadovautis darbo vietoms, yra:

- minimali darbo (turi būti lengva ir patogų paimti ar pasiekti reikiama įrankį, lengva ir saugu judėti, pernešti ir pervežti, aptarnauti ir eksploatuoti mašinas bei techninius įrenginius);
- darbo priemonių ir įrankių nomenklatūra ir skaičius (turi būti visa, kas reikalinga darbui, ir daugiau nieko, kas galėtų trukdyti atlikti jam paskirtas funkcijas);
- darbo vietos daiktinė – erdvinė struktūra (darbo vietos elementai, darbo priemonės ir technologinė įranga turi būti optimalios veiklos zonoje, atitikti sensorinį ir motorinį žmogaus aktyvumo, laiko, jėgos ir energijos taupymo reikalavimus.
- fizinės erdvės parametrai (tinkamas darbo paviršių apšvietimas, leistinas triukšmo fonas, normalus mikroklimatas, leistina vibracija);
- darbų sauga (fizinių, cheminių, biologinių ir kitų dirgiklių poveikio kontrolė); apsauga nuo nelaimingų atsitikimų ir perkrovų darbų.

IŠVADOS

1. Nustatyti didžiausią įtaką turintys veiksniai leidžia spręsti įmonės vadovams, kokia kryptimi jie turi vykdyti veiklą. Darbe naudotas negatyvumo principas, kuris leidžia atskleisti bloginančių šilumvežio remonto efektyvumą veiksmų reikšmingumą, išreikštą normalizuotais subjektyviaisiais svorio koeficientais (svoriais).

2. Darbo autoriaus (kartu su konsultantais) sudaryta originali kriterijų, bloginančių turbokompresorių remonto baro techninės priežiūros ir remonto proceso efektyvumą, sistema, kuri taip pat buvo derinama su šilumvežių remontą atliekančiais darbuotojais. Pagal gautus apklausos rezultatus atlikti skaičiavimai taikant daugiakriterinio sprendimo priėmimo metodus. Tam, kad būtų palyginti apklausos rezultatai, apklaustųjų nuomonės turi būti suderintos (nepriekaištingos), tam taikomas rangų koreliacijos metodas.

3. Apklausoje dalyvavusių ekspertų nuomonės yra suderintos, apskaičiuoti konkordancijos koeficientų didžiausios ir mažiausios reikšmės nesiekia vieneto, todėl galima teigti, kad visų apklaustųjų nuomonės yra suderintos. Iš gautų rezultatų taikant ARTIW ir AHP metodus, apskaičiuotas aritmetinis vidurkis. Pagal aritmetinį vidurkį galima palyginti kriterijų svarbos pasiskirstymą.

4. Ekspertų nuomone nustatyta svarbiausia ir didžiausią įtaką turbokompresoriaus techninei priežiūrai ir remonto proceso efektyvumui daranti grupė C t.y. „Remonto įrankiai, įrenginiai“, svarbumo rodiklis yra 0,324, mažiausiai svarbi grupė D t.y. „Darbo vietų savybės“, svarbumo rodiklis yra 0,105.

5. Grupės A (remontą atliekančios įmonės personalas) nustatytas svarbiausias kriterijus yra „A5 – nekokybiškas naujai priimtų darbuotojų paruošimas, prastos žinios ir gebėjimai“, svarbumo rodiklis yra 0,171, mažiausiai svarbaus kriterijaus „A2 – darbuotojų asmeninio gyvenimo problemos“ svarbumo rodiklis yra 0,051.

6. Grupė B (Remontą atliekančios įmonės parametrai) nustatytas svarbiausias kriterijus yra „B3 – neadekvatūs darbo terminai, verčiantys skubėti ir klysti“ svarbumo rodiklis yra 0,218, mažiausiai svarbaus kriterijaus „B7 – darbuotojų socialinių garantijų trūkumas“ svarbumo rodiklis yra 0,055.

7. Grupė C (Remonto įrankiai, įrenginiai) nustatytas svarbiausias kriterijus yra „C4 – darbo įrankių ir įrenginių trūkumas“, svarbumo rodiklis yra 0,305, mažiausiai svarbaus kriterijaus „C6 – nesaugios darbo priemonės“ svarbumo rodiklis yra 0,095.

8. Grupė D – (darbo vietų savybės) nustatytas svarbiausias kriterijus yra D3 – „Nekomfortiška, trukdanti susikaupti darbo vieta“, svarbumo rodiklis yra 0,347, mažiausiai svarbaus kriterijaus „D1 – sunkus remonto baro pasiekiamumas“ svarbumo rodiklis yra 0,110.

LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. Al-Najjar, B. (2007). The lack of maintenance and not maintenance which costs: a model to describe and quantify the impact of vibration-based maintenance on company's business. *International Journal of Production Economics*.
2. Aditya, P. (2009). *Maintenance Performance Measurement Methods, Tools and Applications*.
3. Aditya, P. (2009). Maintenance Performance assessment framework for engineering asset.
4. Bourne. M., Neely. A., Mills. J. and Platts K. (2003). Implementing performance measurement systems.
5. Christianse, B. (2018). Important Maintenance Metrics and How To Use Them.
6. Dekker, R. (1996). Applications of maintenance optimization models: a review and analysis. *Reliability Engineering and System Safety*.
7. Dora, M., Kumar, M., Gellynck, X. (2016). Determinants and Barriers to Lean Implementation in Food-Processing SMEs—A Multiple Case Analysis. *Prod. Plan. Control*.
8. Dalton, J. (2019). *Gemba Kaizen. Great Big Agile*.
9. Gladkih, A.M. (2019). Suggestions for improving the efficiency of repair activity.
10. Hsieh, H.N., Chen, J.F., Do, Q.H. (2015). Applying TRIZ and Fuzzy AHP Based on Lean Production to Develop an Innovative Design of a New Shape for Machine Tools. *Information*.
11. Kaplan, R.S. (1983). Measuring manufacturing performance: a new challenge for managerial accounting research. *The Accounting Review*.
12. Kaplan. R.S. and Norton. D.P. (1996). *The Balanced scorecard: translating strategy into action*.
13. Kendall, M. and Gibbons, J.D. (1990). *Rank Correlation Methods*.
14. Lukaševičius, K., Martinkus, B. ir Piktys, R. (2005). *Verslo ekonomika*.
15. Mohamed B.D., Salih, O., Duffuaa., Abdul, R., Jezdimir, K. and Daoud A.K. (2009). *Handbook of Maintenance Management and Engineering*.
16. Madu, C. (2000). Competing through maintenance strategies. *International Journal of Quality and Reliability Management*.
17. Marais, K.B. and Saleh JH. (2009). Beyond its cost, the value of maintenance: an analytical framework for capturing its net present value. *Reliability Engineering and System Safety*.
18. Mazzei and Matteo. (2008). *Kokybės vadybos sistemos įmonėms*.
19. Medekšas, H. (2003). *Gamini kokybė ir patikimumas*.
20. Mohommed N.Q., Sumit, S.K., Baloni, S.A. (2017). Failure Analysis of Turbocharger.

21. Meyer, M.W. and Gupta, V. (1994). Research in Organizational Behavior.
22. Podvezko, V. (2005). Ekspertų įverčių suderinamumas. Technological and Economic Development of Economy.
23. Plenert, G. J. (2002). International Operations Management. Copenhagen Business School Press.
24. Rekam Grup, Турбина ТК23Н-26. (2021). Prieiga per internetą: http://recamgr.com/goods/25839835/turbina-tk23n-26?fbclid=IwAR2LddhQ_CIniPqezHq8wLKr5hQ2PG7aHwUoT_JvVbVvCpPLP79vnfM8UPE (žiūrėta 2021 m. gegužės 6 d.).
25. Saaty, T. L. (1994). Fundamentals of Decision-Making and Priority Theory with the AHP // RWS Publications, Pittsburg.
26. Saaty, T.L. (1980). The Analytic Hierarchy Process // McGraw Hill.
27. Šakalys, R., Sivilevičius, H., Miliauskaitė, L. ir Šakalys, A. (2019). Investigation and evaluation of main indicators impacting synchromodality using ARTIW and AHP methods.
28. UAB „Penzadizelmash“ TURBOCHARGER TK32. Naudojimo instrukcija TC 3207RE, (2011). Prieiga per internetą: http://static.scbist.com/scb/uploaded/1_1387084475.pdf (žiūrėta 2021 m. gegužės 6 d.).
29. Wardhaugh and Jim. (2004). Useful Performance Indicators for Maintenance. IQPC Reliability and Maintenance Congress Presentation.
30. Wireman, T. (1990). World Class Maintenance Management. New York, NY: Industrial Press.
31. Zavadskas, E.K. and Podvezko, V. (2016). Integrated Determination of Objective Criteria Weights in MCDM.

PRIEDAI

A priedas

35 lentelė. Eksperto tikrinio vektoriaus skaičiavimo eiga ir kiekvieno skaičiavimo žingsnio rezultatas

Tikrinės reikšmės vektoriaus skaičiavimo rezultatai	Vertinimo rodiklio (veiksnių) raidė									Žingsnis
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	
	Tikrinės reikšmės vektoriaus skaičiavimo rezultatai									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1-as žingsnis	ω_1''	ω_2''	ω_3''	ω_4''	ω_5''	ω_6''	ω_7''	ω_8''	ω_9''	
Kiekvienos eilutės elementai sudauginami ir gauti rezultatai surašomi eilute $\omega_i'' = \prod_{j=1}^m a_{ij}$										
Sudauginame veiksmų svarbos pirmos eilutės elementus	$\omega'' = 1 \cdot 4 \cdot \frac{1}{4} \cdot 1 \cdot \frac{1}{2} \cdot 3 \cdot \frac{1}{3} \cdot 2 \cdot 1$									
Veiksnių svarbos elementų sandauga tokia:	1	1,653	51840	20	420	0,00015	6720	0,00278	0,05	1- ojo žingsnio rezultatai

Šaltinis: sudaryta darbo autoriaus

A priedas

36 lentelė. Tesinys

2- as žingsnis	ω_1''	ω_2''	ω_3''	ω_4''	ω_5''	ω_6''	ω_7''	ω_8''	ω_9''	
Iš kiekvienos gautos eilutės elemento ištraukiame m-ojo laipsnio šaknį (lyginamų rodiklių skaičius m, todėl traukiame m-ojo laipsnio šaknį) $\omega'_i = \sqrt[m]{\prod_{j=1}^m a_{ij}}$										
Iš gautos eilutės pirmojo elemento ištraukiame m-ojo laipsnio šaknį	$\omega'_i = \sqrt[m]{\omega''} \approx 1$									
Iš gautos eilutės m elementų ištraukiame m-ojo laipsnio šaknį:	1	0,294	3,340	1,394	1,956	0,375	2,662	0,519	0,716	2-ojo žingsnio rezultatai
Sudedame šios eilutės elementus $\sum_{i=1}^m \omega'_i = \sum_{i=1}^m \sqrt[m]{\prod_{j=1}^m a_{ij}}$	$\omega'_i = 12,2612$									3-ojo žingsnio rezultatai
4-as žingsnis	ω_1''	ω_2''	ω_3''	ω_4''	ω_5''	ω_6''	ω_7''	ω_8''	ω_9''	
Kiekvienos šios eilutės elementas dalijamas iš gautos sumos $\omega_i = \frac{\sqrt[m]{\prod_{j=1}^m a_{ij}}}{\sum_{i=1}^m \sqrt[m]{\prod_{j=1}^m a_{ij}}}$										
Pirma šios eilutės elementą dalijame iš gautos sumos	$\omega_1 = \frac{1}{12,2612456439209} = 0,0816$									
Padaliję m šios eilutės elementą iš gautos sumos, gauname:	0,081	0,024	0,272	0,113	0,159	0,030	0,021	0,042	0,058	4-ojo Žing. rez.

Šaltinis: sudaryta darbo autoriaus

B priedas

37 lentelė. Eksperto tikrinio vektoriaus skaičiavimo eiga ir kiekvieno skaičiavimo žingsnio rezultatas

Tikrinės reikšmės vektoriaus skaičiavimo rezultatai	Vertinimo rodiklio (veiksnių) raidė								Žingsnis
	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	
	Tikrinės reikšmės vektoriaus skaičiavimo rezultatai								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1-as žingsnis	ω_1''	ω_2''	ω_3''	ω_4''	ω_5''	ω_6''	ω_7''	ω_8''	
Kiekvienos eilutės elementai sudauginami ir gauti rezultatai surašomi eilute $\omega_i'' = \prod_{j=1}^m a_{ij}$									
Sudauginame veiksmų svarbos pirmos eilutės elementus $\omega'' = 1 \cdot 1 \cdot \frac{1}{5} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{3} \cdot 1 \cdot 3 \cdot 5 = 0,5$									
Veiksnių svarbos elementų sandauga tokia:	0,5	15	15120	168	2016	0,00595	0,0002	2,2046	1- ojo žing. Rez.

Šaltinis: sudaryta darbo autoriaus

B priedas

38 lentelė. Tesinys

2- as žingsnis	ω_1''	ω_2''	ω_3''	ω_4''	ω_5''	ω_6''	ω_7''	ω_8''	
Iš kiekvienos gautos eilutės elemento ištraukiame m-ojo laipsnio šaknį (lyginamų rodiklių skaičius m, todėl traukiame m-ojo laipsnio šaknį) $\omega'_i = \sqrt[m]{\prod_{j=1}^m a_{ij}}$									
Iš gautos eilutės pirmojo elemento ištraukiame m-ojo laipsnio šaknį	$\omega'_i = \sqrt[m]{\omega''} \approx 0,917$								
Iš gautos eilutės m elementų ištraukiame m-ojo laipsnio šaknį:	0,917	1,4028	3,33	1,8742	2,5885	0,2703	0,3445	0,2617	2-ojo žingsnio rezultatai
Sudedame šios eilutės elementus $\sum_{i=1}^m \omega'_i = \sum_{i=1}^m \sqrt[m]{\prod_{j=1}^m a_{ij}}$	$\omega'_i = 11,2692$								3-ojo žingsnio rezultatai
4-as žingsnis	ω_1''	ω_2''	ω_3''	ω_4''	ω_5''	ω_6''	ω_7''	ω_8''	
Kiekvienos šios eilutės elementas dalijamas iš gautos sumos $\omega_i = \frac{\sqrt[m]{\prod_{j=1}^m a_{ij}}}{\sum_{i=1}^m \sqrt[m]{\prod_{j=1}^m a_{ij}}}$									
Pirma šios eilutės elementą dalijame iš gautos sumos	$\omega_1 = \frac{0,917}{11,2692} = 0,0814$								
Padaliję m šios eilutės elementą iš gautos sumos, gauname:	0,0813	0,1244	0,2955	0,1683	0,2297	0,0467	0,0305	0,0232	4-ojo Žing. rez.

Šaltinis: sudaryta darbo autoriaus

C priedas

39 lentelė. Eksperto tikrinio vektoriaus skaičiavimo eiga ir kiekvieno skaičiavimo žingsnio rezultatas

Tikrinės reikšmės vektoriaus skaičiavimo rezultatai	Vertinimo rodiklio (veiksnių) raidė						Žingsnis
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	
	Tikrinės reikšmės vektoriaus skaičiavimo rezultatai						
1	2	3	4	5	6	7	8
1-as žingsnis	ω_1''	ω_2''	ω_3''	ω_4''	ω_5''	ω_6''	
Kiekvienos eilutės elementai sudauginami ir gauti rezultatai surašomi eilute $\omega_i'' = \prod_{j=1}^m a_{ij}$							
Sudauginame veiksnių svarbos pirmos eilutės elementus	$\omega'' = 1 \cdot 1 \cdot \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{7} \cdot \frac{1}{8} = 0,0015$						
Veiksnių svarbos elementų sandauga tokia:	0,00149	0,01111	0,25	6	105	384	1- ojo zing. Rez.

Šaltinis: sudaryta darbo autoriaus

C priedas

40 lentelė. Tesinys

2- as žingsnis	ω_1''	ω_2''	ω_3''	ω_4''	ω_5''	ω_6''	
Iš kiekvienos gautos eilutės elemento ištraukiame m-ojo laipsnio šaknį (lyginamų rodiklių skaičius m, todėl traukiame m-ojo laipsnio šaknį) $\omega'_i = \sqrt[m]{\prod_{j=1}^m a_{ij}}$							
Iš gautos eilutės pirmojo elemento ištraukiame m-ojo laipsnio šaknį	$\omega'_i = \sqrt[m]{\omega''} \approx 0,33789$						
Iš gautos eilutės m elementų ištraukiame m-ojo laipsnio šaknį:	0,33789	0,48238	0,7937	1,34801	2,17203	2,69601	2-ojo žingsnio rezultatai
Sudedame šios eilutės elementus $\sum_{i=1}^m \omega'_i = \sum_{i=1}^m \sqrt[m]{\prod_{j=1}^m a_{ij}}$	$\omega'_i = 7,82001$						3-ojo žingsnio rezultatai
4-as žingsnis	ω_1''	ω_2''	ω_3''	ω_4''	ω_5''	ω_6''	
Kiekvienos šios eilutės elementas dalijamas iš gautos sumos $\omega_i = \frac{\sqrt[m]{\prod_{j=1}^m a_{ij}}}{\sum_{i=1}^m \sqrt[m]{\prod_{j=1}^m a_{ij}}}$							
Pirma šios eilutės elementą dalijame iš gautos sumos	$\omega_1 = \frac{0,33789}{7,82001} = 0,0432$						
Padaliję m šios eilutės elementą iš gautos sumos, gauname:	0,04321	0,06041	0,1015	0,17238	0,7775	0,34476	4-ojo Žing. rez.

Šaltinis: sudaryta darbo autoriaus

D priedas

41 lentelė. Eksperto tikrinio vektoriaus skaičiavimo eiga ir kiekvieno skaičiavimo žingsnio rezultatas

Tikrinės reikšmės vektoriaus skaičiavimo rezultatai	Vertinimo rodiklio (veiksni) raidė				Žingsnis
	D1	D2	D3	D4	
	Tikrinės reikšmės vektoriaus skaičiavimo rezultatai				
1	2	3	4	5	6
1-as žingsnis	ω_1''	ω_2''	ω_3''	ω_4''	
Kiekvienos eilutės elementai sudauginami ir gauti rezultatai surašomi eilute $\omega_i'' = \prod_{j=1}^m a_{ij}$					
Sudauginame veiksnių svarbos pirmos eilutės elementus	$\omega'' = 1 \cdot \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{7} \cdot \frac{1}{9} = 0,0053$				
Veiksnių svarbos elementų sandauga tokia:	0,00529	0,25	14	54	1- ojo zing. Rez.

Šaltinis: sudaryta darbo autoriaus

D priedas

42 lentelė. Tesinys

2- as žingsnis	ω_1''	ω_2''	ω_3''	ω_4''	
Iš kiekvienos gautos eilutės elemento ištraukiame m-ojo laipsnio šaknį (lyginamų rodiklių skaičius m, todėl traukiame m-ojo laipsnio šaknį) $\omega'_i = \sqrt[m]{\prod_{j=1}^m a_{ij}}$					
Iš gautos eilutės pirmojo elemento ištraukiame m-ojo laipsnio šaknį	$\omega'_i = \sqrt[m]{\omega''} \approx 0,2697$				
Iš gautos eilutės m elementų ištraukiame m-ojo laipsnio šaknį:	0,2697	0,70711	1,93434	2,71081	2-ojo žingsnio rezultatai
Sudedame šios eilutės elementus $\sum_{i=1}^m \omega'_i = \sum_{i=1}^m \sqrt[m]{\prod_{j=1}^m a_{ij}}$	$\omega'_i = 5,62195$				3-ojo žingsnio rezultatai
4-as žingsnis	ω_1''	ω_2''	ω_3''	ω_4''	
Kiekvienos šios eilutės elementas dalijamas iš gautos sumos $\omega_i = \frac{\sqrt[m]{\prod_{j=1}^m a_{ij}}}{\sum_{i=1}^m \sqrt[m]{\prod_{j=1}^m a_{ij}}}$					
Pirma šios eilutės elementą dalijame iš gautos sumos	$\omega_1 = \frac{0,2697}{5,62195} = 0,048$				
Padaliję m šios eilutės elementą iš gautos sumos, gauname:	0,04797	0,1578	0,34407	0,4821	4-ojo Žing. rez.

Šaltinis: sudaryta darbo autoriaus

E priedas

Gerbiamasis eksperte,

prašau, kad Jūs, pasitelkdamas asmeninę kompetenciją, žinias, patirtį ir nuojautą, atidžiai perskaitęs šioje anketoje pateiktų turbokompresorių remonto baro techninės priežiūros ir remonto proceso efektyvumą **bloginančių** veiksmų aprašą, jiems (kriterijams) suteiktumėte rangus (vietas pagal svarbą sveikais nesikartojančiais skaičiais).

Darbo stažas įmonėje susijusioje su turbokompresorių remontu _____

Užimamos pareigos įmonėje _____

Veiksnių žymuo

**Veiksnių grupių (pagrindinių kriterijų) ir
veiksnių (subkriterijų) pavadinimai**

Pirmoji dalis. Kiekvienai veiksmų grupei suteikite reikšmingumus:

Kiekvienam pagrindiniam kriterijui priskirkite rangą (vietą pagal svarbą) nuo svarbiausio (1) iki mažiausiai svarbaus (4). Veiksnių grupių reikšmingumai:	Rangas (vieta)
A Grupė. Remontą atliekančios įmonės personalas	
B Grupė. Remontą atliekančios įmonės parametrai	
C Grupė. Remonto įrankiai, įrenginiai	
D Grupė. Darbo vietų savybės	

Antroji dalis. Kiekvienos veiksmų grupės atskiram veiksmui (subkriterijui) suteikite reikšmingumus:

A grupė. Kiekvienam subkriterijui priskirkite rangą (vietą pagal svarbą) nuo svarbiausio (1) iki mažiausiai svarbaus (9). Remontą atliekančios įmonės personalas	Rangas (vieta)
A1. Darbuotojų nuovargis	
A2. Darbuotojų asmeninio gyvenimo problemos	
A3. Piknaudžiavimas narkotinėmis, svaiginančiomis medžiagomis	
A4. Netinkamą makroklimatą darbe nulemiantys žmonių santykiai	
A5. Nekokybiškas naujai priimtų darbuotojų paruošimas, prastos žinios ir gebėjimai	
A6. Nepakankama darbuotojų kvalifikacija	
A7. Netinkama, neskaidri žmonių atrankos dirbti įmonėje sistema	
A8. Neveiksminga gerai dirbti darbuotojus skatinti sistema	
A9. Kvalifikuotų darbuotojų trūkumas, jų sparti kaita	

E priedas

B grupė. Kiekvienam subkriterijui priskirkite rangą (vietą pagal svarbą) nuo svarbiausio (1) iki mažiausiai svarbaus (8). Remontą atliekančios įmonės parametrai	Rangas (vieta)
B1. Nuobodūs, pasikartojantys darbai, neskatinantys susikaupti	
B2. Atsarginių dalių trūkumas, jų nesavalaikis pristatymas	
B3. Neadekvatūs darbo terminai, verčiantys skubėti ir klusti	
B4. Neveiksmingas darbo procesas (darbo pamainų planavimas, naktinės pamainos)	
B5. Vadovaujančio personalo netinkami sprendimai, klaidos, bendravimas su darbuotojais	
B6. Santykinai maži atlyginimai (darbo užmokestis)	
B7. Darbuotojų socialinių garantijų trūkumas	
B8. Darbuotojų universalumo trūkumas	
C grupė. Kiekvienam subkriterijui priskirkite rangą (vietą pagal svarbą) nuo svarbiausio (1) iki mažiausiai svarbaus (6). Remonto įrankiai ir įrenginiai	Rangas (vieta)
C1. Programinės įrangos ir procedūrų trūkumai	
C2. Dažnai gendančios ir išsiderinančios įrangos kalibravimas	
C3. Neišsami arba neaiški darbų atlikimo dokumentacija	
C4. Darbo įrankių ar įrenginių trūkumas	
C5. Specifinius darbus atlikti nepritaikyti įrenginiai	
C6. Nesaugios darbo priemonės (ožiniai kranai, kopečios, darbataliai, savadarbiai įrankiai)	
D grupė. Kiekvienam subkriterijui priskirkite rangą (vietą pagal svarbą) nuo svarbiausio (1) iki mažiausiai svarbaus (4). Darbo vietų savybės	Rangas (vieta)
D1. Sunkus remonto baro (darbo vietos) pasiekiamumas	
D2. Neergonomiškos darbo vietos, netinkamas darbo įrangos išdėstymas, prastas apšvietimas	
D3. Nekomfortiška, trukdanti susikaupti darbo vieta (triukšmas, kvapai, skersvėjis, netinkama temperatūra, virpesiai)	
D4. Netinkamos apsaugos priemonės ir jų trūkumas (pirštinės, šalmai, apranga)	

Suskirstyta į hierarchinę struktūrą

Turbokompresorių remonto baro techninės priežiūros ir remonto proceso efektyvumui įtakos turinčių veiksnių reikšmingumai (svoriai), nustatyti AHP metodu.

Pagrindiniai kriterijai (kriterijų grupės)

Kriterijų grupė		Savybė (kriterijus) $j = 1, 2, \dots, n$				Tikrinis vektorius ω_i
		A	B	C	D	
Savybė (kriterijus) $j = 1, 2, \dots, n$	A	1				
	B		1			
	C			1		
	D				1	

Šaltinis: sudaryta darbo autoriaus

A Grupė. Remontą atliekančios įmonės personalas

A grupės subkriterijai		Savybių subkriterijus $j=1, 2, \dots, n$									Tikrinis vektorius ω_i
		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	
Savybė (subkriterijus) $i=2, \dots, n$	A1	1									
	A2		1								
	A3			1							
	A4				1						
	A5					1					
	A6						1				
	A7							1			
	A8								1		
	A9									1	

Šaltinis: sudaryta darbo autoriaus

E priedas

B Grupė. Remontą atliekančios įmonės parametrai

B grupės subkriterijai		Savybių subkriterijus $j=1,2,...,n$								Tikrinis vektorius ω_i
		B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	
Savybė (subkriterijus) $i=2,...,n$	B1	1								
	B2		1							
	B3			1						
	B4				1					
	B5					1				
	B6						1			
	B7							1		
	B8								1	

Šaltinis: sudaryta darbo autoriaus

C Grupė. Remonto įrankiai, įrenginiai

C grupės subkriterijai		Savybių subkriterijus $j=1,2,...,n$						Tikrinis vektorius ω_i
		C1	C2	C3	C4	C5	C6	
Savybė (subkriterijus) $i=2,...,n$	C1	1						
	C2		1					
	C3			1				
	C4				1			
	C5					1		
	C6						1	

Šaltinis: sudaryta darbo autoriaus

D Grupė. Darbo vietų savybės

D grupės subkriterijai		Savybių subkriterijus $j=1,2,...,n$				Tikrinis vektorius ω_i
		D1	D2	D3	D4	
Savybė (subkriterijus) $i=2,...,n$	D1	1				
	D2		1			
	D3			1		
	D4				1	

Šaltinis: sudaryta darbo autoriaus