

VIEŠOJO TRANSPORTO CHARAKTERISTIKŲ IR RODIKLIŲ ĮTAKA JO POPULIARUMUI

Ieva Stulgytė^{1✉}, Marius Jakimavičius²

*Kelių katedra, Aplinkos inžinerijos fakultetas, Vilniaus Gedimino technikos universitetas,
Saulėtekio al. 11, Vilnius 10223, Lietuva*

E-paštas: ¹ieva.stulgyte@stud.vgtu.lt, ²marius.jakimavicius@vgtu.lt

Santrauka. Atlikus užsienio literatūros šaltinių, nagrinėjančių viešojo transporto (VT) socialinius, ekonominius, technologinius ir aplinkosauginius rodiklius, lemiančius maršrutų populiarumą, analizę, buvo išskirti pagrindiniai rodikliai, reikalingi VT maršrutų daugiakriterinei analizei atlikti. Rodiklių sistemas galima naudoti kartu arba pasirinkti konkrečią vertinimo sritį. Tyrimo objektu buvo pasirinkti 10 skirtingų Vilniaus VT maršrutų, kurių galutinė stotelė – Stotis. VT maršrutų analizei parinkti rodikliai: VT amžius, automobilių parkavimo galimybės, triukšmo ir oro taršos lygis maršruto traseje, stotelių pasiekiamumas 500 m atstumu, maršrutų kursavimo dažnis ir laikas, A juostų ilgis maršrute, viešojo transporto kelionės kainos ir laiko santykis su asmenine transporto priemone, komforto lygis, VT stotelių infrastruktūra, besibaigiančių išteklų naudojimas, dalijimosi dviračiais infrastruktūra ir patogūs apsipirkimo galimybės. Rodiklių reikšmingumui nustatyti atlikta ekspertinė apklausa. Viešojo transporto maršrutų rangavimas atliktas paprastųjų svorių sudėjimo SAW ir idealiojo taško TOPSIS metodais, kurie leidžia įvertinti viešojo transporto maršrutus pagal 15 rodiklių ar atskirai įvertinti pagal pasirinktą sritį ir išrinkti optimaliausią alternatyvą pagal sudarytą rodiklių sistemą. Ši bendra vertinimo sistema yra nepriklausoma nuo sistemos naudotojo, todėl sėkmingai gali būti naudojama vertinant VT maršrutų rodiklius ir charakteristikas kituose miestuose, taip pat ir susiejant gautus rezultatus su keleivių pasitenkinimo apklausomis.

Raktiniai žodžiai: ekspertų apklausa, reikšmingumo koeficientas, rodiklis, SAW, TOPSIS, viešasis transportas.

1. Įvadas

Transportas – svarbi šalies ūkio šaka, be kurios neįmanomas ūkinės veiklos organizavimas ir žmonių bendravimas. Kiekviena civilizuota šalis skiria didelį dėmesį visų transporto šakų tinklo plėtimui, transporto priemonių tobulinimui, pervežimo procesų organizavimo gerinimui. Sparčiai vystantis urbanizacijai, spūstys kiekviename mieste tampa vis didesne problema, vis daugiau žmonių renkasi greitesnį, komfortiškesnį bei patogesnį asmeninį transportą. Miestiečiai rytais ir vakarais praranda valandas stovėdami kamščiuose, taip pat, dėl transporto priemonių išmetamųjų dujų į aplinkos orą, yra daroma žala aplinkai, sukelia fizinė – triukšmo tarša. Automobilių spūstys gatvėse, laiko ir pinigų nuostoliai, triukšmas, sveikatos sutrikimai ir daug kitų – tai nuolatinio automobilizacijos augimo, o kartu ir kylančio taršos lygio pasekmė gyventojams.

2. Viešojo transporto rodikliai ir charakteristikos užsienio literatūroje

„Transportas yra labai svarbus ekonomikai ir visuomenei“ – teigia Europos Komisijos išleista Baltoji knyga. Judumas daro didelę įtaką vidaus rinkai ir piliečių gyvenimo kokybei. Nors transporto sektoriuje energijos vartojimo efektyvumas išaugo, tačiau 96 % ES transporto energijos poreikių užtikrina nafta ir jos produktai. Tačiau, išgaunamos naftos kiekiai mažėja. Remiantis Tarptautinės energetikos agentūros informacija, galima teigti, kad sunkiau pasauliui seksis mažinti anglies dioksido išskyrimą, tuo labiau augs naftos kaina. Todėl, jei jau dabar nebus imtasi priemonių, kaip sumažinti naftos naudojimą, ateityje kils ekonominių problemų, bus labai apribotos žmonių galimybės keliauti. Ir nors transportas dėl naujų technologinių sprendimų tapo švaresnis, tačiau jis išlieka didelis triukšmo ir vietos oro taršos šaltinis.

Tvari transporto plėtra ir darnios miestų plėtros koncepcija turi būti paremta trimis aspektais (kai kurie mokslininkai tai vadina „klasikiniu tvarumo trikampiu“).

- Ekonominis – energijos suvartojimo, transporto sistemos infrastruktūros kainos bei kelionių laiko mažinimo.
- Socialinis – galimybės pasiekti darbo, kultūrinės, buitines traukos vietas, transporto sistemos pasiekiamumas gyventojams, didžiausias gyventojams teikiamų VT paslaugų skaičius, važiavimo saugumo didinimas ir eismo įvykių skaičiaus mažinimas.
- Ekologinis – išmetamų dujų sukeliamos taršos mažinimas; transporto priemonių sukeliamo triukšmo mažinimas, platesnis aplinkai nekenksmingų transporto rūšių naudojimas kelionėms (Marija Burinskienė *et al*, 2009).

Prie socialinio aspekto, galima priskirti ir psichologinius įsitikimus, lemiančius didesnę automobilių naudojimąsi. Tam įtakos turi susiformavęs visuomenės požiūris, kad suaugęs, išsilavinęs žmogus turi turėti automobilį ir galėti padengti ekonominius kaštus, taip yra formuojamas visuomenės požiūris į žmogų, jo finansinius išteklius (Choocharukul and Fujii 2007).

Kitas psichologinis aspektas, anot Olandų psichologės Lindos Steg (2006), yra susiformavęs įprotis. Kai įprotis yra suformuojamas, žmogaus elgesys tampa automatiniu procesu, o ne logiškų sprendimų priėmimu, todėl jis net nesusimąstęs kartoja tą patį veiksmą. Jei asmuo yra įpratęs naudotis automobiliu, jis net nesusimąsto apie alternatyvius keliavimo būdus ir jais nesidomi. Ir net ekonominis aspektas (bilietų kainos ir ekonominė nauda), anot atliktų tyrimų, nėra toks svarbus –

žmonės labiau vertina savo lankstumą, greitį ir komfortą ir jie yra pasiryžę už šiuos patogumus papildomai susimokėti. (Mogridge 1978).

Ekonomistai ir planuotojai kuria įvairias transporto politikos ir projektų ekonominės vertės įvertinimo modelius. Paprastai tokių modelių taikymo sritis būna siaura (pvz. išmetamųjų teršalų mažinimo modelis) ir šios priemonės netinka vertinant kelias strategijas (NZTA 2010). Daugelis modelių įvertina finansines išlaidas savivaldybėms, VT eksploatacines išlaidas, važiavimo greitį, avarijos riziką kilometrui, projekto įgyvendinimo trukmę, tačiau ignoruoja automobilių stovėjimo išlaidas, automobilių nemokamų aikštelių trūkumą prie pagrindinių VT mazgų, transporto priemonių nuosavybės išlaikymo išlaidas, ekonomines sankcijas šalims dėl per didelės oro taršos. Be to, kai kurie veiksniai, kuriuos sunku kiekybiškai įvertinti (socialinė lygybė, netiesioginis poveikis aplinkai ir didelis triukšmo lygis aplinkai, aplinkos teršimas eksploatuoti netinkamomis automobilių atliekomis, avarijos rizika gyventojui, strateginis žemės panaudojimas, poveikis fiziniam aktyvumui ir visuomenės sveikatai) modeliuose dažnai nevertinami (Litman 2017).

Litmanas (2008 m. ir 2014 m), AARP (2005), Dhinghi'as (2011), Hale'as (2011) ir kiti mokslininkai teikia rekomendacijas dėl VT paslaugų kokybės vertinimo iš įvairių perspektyvų, įskaitant:

- prieinamumą (kada ir kur galima naudotis VT paslauga) ir aprėptis (geografinės vietos dalis – kiek bendruomenės gali naudotis VT, kuris yra tiekiamas per įveikiamą atstumą ir VT stotelės);
- dažnumą (kiek kelionių yra atliekama kiekvieną valandą ar dieną) ir kokios yra VT veikimo valandos;
- važiavimo greitį (kelionės trukmės palyginimas su kelionėmis automobiliu);
- patikimumą (kaip dažnai VT maršrutai laikosi nurodytų tvarkaraščiuose laikų);
- įvairių transporto priemonių integraciją (nemokamos automobilių parkavimo galimybės prie didesnių VT mazgų, taip pat galimybė pasinaudoti dviračių nuomos paslauga, mašinos dalijosi paslauga);
- kainos skirtumus, renkantis VT ir individualią transporto priemonę;
- galimus bilietų pirkimo variantus, kainos skirtumus, integraciją su kitomis mokėjimo galimybėmis;
- naudotojo patogumą ir saugumą, įskaitant važiavimą, kelionę pėsčiomis ir laukiant VT stotelėse;
- universalumą (gebėjimą VT važiuoti neįgaliesiems, vežtis bagažą, turėti galimybę patogiai apsipirkti pakeliui);
- informatyvumą (VT maršrutų žemėlapis, VT transporto tvarkaraščiai, informavimas realiu laiku apie situaciją kelyje);
- informaciją apie VT sistemą bendrai, visuomenės švietimą, skaitinimo programas;
- estetiką (VT priemonių amžius, vaizdas, stotelių estetika, VT bilietų dizainas);
- patogumą (papildomos funkcijos ir paslaugos, kurios padidina naudotojo patogumą ir malonumą);
- ilgalaikį oro ir triukšmo poveikį žmogui.

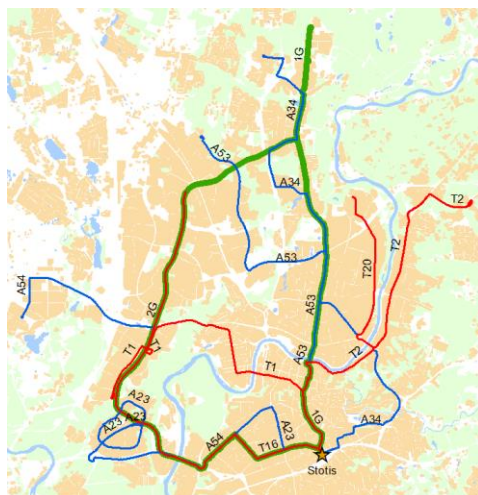
Tiek VT, tiek asmeninė transporto priemonė turi trūkumų ir privalumų. Tačiau, reikia pastebėti, kad įvertinant keleivio patogumą, lankstumą, komfortą - automobilių privalumai yra didesni nei viešojo transporto privalumai. Taigi, labai svarbi skatinimo naudotis viešuoju transportu politika, kad būtų galima įveikti šiuo metu vienas aktualiausių – aplinkosauginės problemos. Tai yra užduotis eismo planuotojams, viešojo transporto trūkumus paversti privalumais, arba priartinti prie automobilių privalumų, kad kuo daugiau žmonių rinktųsi VT.

3. Tyrimo objektas

Tyrimo tikslas – nustatyti 15 rodiklių, apibūdinančių viešąjį transportą ir viešojo transporto maršrutus bei jų aplinkos socialinius, technologinius, ekonominius ir ekologinius parametrus. Sukurti rodiklių sistemas, suskirstant rodiklius sritimis, tinkančias atlikti viešojo transporto maršrutų daugiakriterinei analizei visomis sritimis bendrai ir atskirai pasirinkta sritimi.

Šio darbo tiriamasis objektas yra 10 skirtingų viešojo transporto maršrutų Vilniaus mieste, kurių galutinė stotelė – Stotis. Pasirinkti maršrutai – 2 greitųjų autobusų, 4 autobusų ir 4 troleibusų maršrutai (1 pav):

- 1G (Santariškės–Kalvarijų g. –Stotis);
- 2G (Santariškės–Laisvės pr. –Stotis);
- 1 troleibusas (Karoliniškės–Žvėrynas–Stotis);
- 2 troleibusas (Saulėtekis–Žygimantų g. –Stotis);
- 16 troleibusas (Pašilaičiai–Lazdynai–Stotis);
- 20 troleibusas (Žirmūnai–Žygimantų g. –Pylimo g. –Stotis);
- 34 autobusas (Visoriai–Jeruzalės g. –Baltupiai–Olandų g. –Stotis);
- 54 autobusas (Pilaitė–Lazdynai–Stotis);
- 23 autobusas (Lazdynai–Švitrigailos g. –Stotis);
- 53 autobusas (Fabijoniškės–Kalvarijų g.–Pylimo g.–Stotis).



1 pav. Tyrimo objekto – 10 Vilniaus VT maršrutų išsidėstymas mieste

3.1. Viešojo transporto vertinimo rodikliai ir jų reitingavimas

Norinti objektyviai įvertinti ir palyginti viešojo transporto maršrutus, reikalinga rodiklių sistema, apimanti viešojo transporto ir viešojo transporto maršrutų parametrus. Todėl viešojo transporto maršrutų vertinimui buvo pasirinkta 15 rodiklių, nusakančių viešojo transporto ir viešojo transporto ekonominius, socialinius, technologinius ir aplinkosauginius aspektus:

- **VT amžius (R1)** – Vilniaus autobusų/troleibusų parkas yra labai įvairus – transporto priemonės yra įvairių markių, skiriasi pagaminimo metai. Naujesnėse transporto priemonėse yra įmontuota vėdinimo ir šildymo sistema, moderni vidaus ir išorės išvaizda suteikia keleiviams estetinį pasitenkinimą, be to, jos yra tylesnės ir patikimesnės.
- **Asmeninės transporto priemonės parkavimo galimybės (5 min atstumu arba 350-400 m atstumu) (R2)** – šis rodiklis įvertina, kuriose maršruto stotelėse galima pastatyti ir palikti automobilį nemokamai ir toliau tęsti kelionę viešuoju transportu.
- **Triukšmas (R3)** – rodiklis parodo, kurio viešojo transporto maršrutinė trasa yra pati triukšmingiausia nuo motorinių transporto priemonių.
- **Stotelių pasiekiamumas 500 m atstumu (R4)** – vertinama ar gyvenamų namų teritorijos nėra nutolusios daugiau nei 500 m atstumu nuo stotelės.
- **Maršrutų kursavimo dažnis (R5)** – rodiklio reikšmė nurodo kiek kartų per valandą vidutiniškai viešojo transporto maršrutas kursuoja.
- **Maršrutų kursavimo laikas (R6)** – parodo viešojo transporto maršruto kursavimo laiką. Vertinamas laikas, kada viešojo transporto keleivis gali ryte anksčiausiai išvažiuoti iš pradinės maršruto stotelės ir kada vėliausiai vakare jis gali grįžti į pradinę maršruto stotelę.
- **A juostų ilgis maršrute (R7)** – atspindi ar viešojo transporto maršrutas trasoje įgauna pirmenybę asmeninės transporto priemonės atžvilgiu – gali greičiau įveikti trasą. Tai tiesiogiai lemia viešojo transporto priemonės greitį maršrute.
- **Viešojo transporto ir asmeninės transporto priemonės kelionės kainos (R8)** – šis rodiklis išreiškiamas kelionės santykio kaina (Eur/Eur) ir parodo kokią ekonominę naudą/nuostolį gali patirti keleivis, rinkdamasis viešąjį transportą.
- **Viešojo transporto ir asmeninės transporto priemonės kelionės laiko santykis (R9)** – rodiklis išreiškiamas kelionės laiko santykiu ir parodo kiek keleivis, pasirinkdamas viešąjį transportą, galimai užgaištų kelionėje.
- **Komfortas (asmeninė erdvė) (R10)** – rodiklis išreiškiamas $m^2/\text{žmogui}$ ir parodo kiek asmeninės erdvės piko metu turi viešojo transporto keleivis. Pagal A. Tirachini ir kitų mokslininkų (2014) atliktus tyrimus, sėdinčiam žmogui reikia $0,5 m^2$, stovinčiam be jokių daiktų – bent jau $0,2 m^2$, o turint papildomą bagažą, atsižvelgiant į jo dydį – $0,35 - 0,55 m^2$.
- **VT stotelės infrastruktūra (R11)** – šis rodiklis vertina viešojo transporto maršruto stotelių infrastruktūrą pagal 6 kriterijus – ar stotelėje yra apšvietimas, VT schema (žemėlapis), realaus laiko švieslentė, pavidonas, viešojo transporto stotelės bortelis, nemokamas belaidis internetas.
- **Miesto aplinkos būklės gerinimas (mažinama oro tarša ir klimato šiltėjimas) (R12)** – rodiklis parodo azoto oksidų (NO_2), kietųjų dalelių (KD_{10}) ir sieros oksidų (SO_2) teršalų kiekį viešojo transporto maršrutinėje trasoje.
- **Besibaigiančių išteklių naudojimas (ir šalies priklausomybė nuo šių išteklių tiekėjų) (R13)** – persėdimas į viešąjį transportą leistų sunaudoti mažiau iškastinio kuro, kurio Lietuva neturi ir šalis galėtų tapti mažiau priklausoma nuo kuro tiekėjų.
- **Dalijimosi dviračiais stotelių, patenkančių į maršruto stotelių 500 metrų zoną, skaičius (R14)** – nustatomas viešojo transporto stotelių skaičius, esantis teritorijose, iš kurios 500 metrų atstumu galima kelionę tęsti pasinaudojant dalijimosi dviračiais infrastruktūra.

- **Apsipirkimo galimybė ir patogį pirkinių gabenimosi infrastruktūra (300 m nuo VT maršruto stotelių įrengtas prekybos centras) (R15)** – parodo viešojo transporto maršrutų stotelių skaičių, kuriose parduotuvės nėra nutolusios toliau nei 300 metrų atstumu nuo stotelės.

Šiuos 15 rodiklių galima suskirstyti į keturias sritis – ekonominę, socialinę, technologinę ir aplinkosauginę. Vienas rodiklis gali patekti į kelias sritis.

1 lentelė. Rodiklių suskirstymas sritimis

Rodiklio Nr.	Rodiklio pavadinimas	Ekonominis	Socialinis	Technologinis	Aplinkosauginis
R1	VT amžius	•	•		
R2	Automobilio parkavimo galimybės	•	•	•	
R3	Triukšmas				•
R4	Stotelių pasiekiamumas 500 m atstumu		•	•	
R5	Maršrutų kursavimo dažnis		•		
R6	Maršrutų kursavimo laikas		•		
R7	A juostų ilgis maršrute			•	
R8	VT ir automobilio kelionės kainos santykis	•			
R9	VT ir automobilio kelionės laiko santykis	•	•		
R10	Komfortas (asmeninė erdvė)		•		
R11	VT stotelės infrastruktūra		•	•	
R12	Miesto aplinkos būklės gerinimas				•
R13	Besibaigiančių išteklių naudojimas	•			•
R14	Dalijimosi dviračiais stotelių skaičius		•	•	•
R15	Apsipirkimo galimybė		•		

Siekiant nustatyti minėtų rodiklių reikšmingumą, buvo taikomas ekspertinis tyrimo metodas. Jo metu 16-kai ekspertų buvo pateikta apklausos anketa, kurioje reikėjo penkiolikai rodiklių suteikti reikšmes nuo 1 iki 15 (1 — mažiausiai reikšmingas rodiklis, 15 — reikšmingiausias). Naudojantis užpildytomis anketomis, sudaryta rodiklių rangavimo matrica. Pačiam svarbiausiam rodikliui yra suteikiama didžiausia vertė. Visų rodiklių rangų svorių suma yra lygi 1 (Zavadskas *et al*, 1992).

Atlikus ekspertų apklausą, gautų įvertinimų rezultatai buvo apdorojami matematiškai:

Nustatyta rodiklių suma:

$$t_{sum,i} = \sum_{j=1}^m t_{ij}, \quad (1)$$

čia $i = 1, 2, \dots, k$, $j = 1, 2, \dots, m$; $k = 15$, $m = 30$,

vidurkis:

$$t_{vid,i} = t_{sum,i} / m, \quad (2)$$

rodiklių reikšmingumai:

$$q_j = \frac{t_{vid,i}}{t_{sum,i}}. \quad (3)$$

Taip pat patikrintas rezultatų patikimumas:

būtina reikšmingumo sąlyga įvykdyta:

$$\sum_{j=1}^k q_j = 1. \quad (4)$$

$$q_j = 0,074 + 0,062 + 0,051 + 0,097 + 0,112 + 0,098 + 0,076 + 0,061 + 0,097 + 0,083 + 0,055 + 0,033 + 0,016 + 0,035 + 0,051 = 1.$$

Konkordancijos koeficientas gali kisti nuo 0 iki 1. Kai konkordancijos koeficientas yra lygus vienetui, galima teigti, kad ekspertai vienodai įvardino visus rodiklius, o kai lygus nuliui – ekspertai vieningos nuomonės neturi. Konkordancijos koeficiento patikrinimas:

rangų sumų vidurkis:

$$a = \frac{m(k+1)}{2} = 136, \quad (5)$$

nuokrypio nuo rangų vidurkio kvadratų suma:

$$S^2 = \sum_{j=1}^k (\sum_{i=1}^m t_{ij} - a)^2 = 40105. \quad (6)$$

Ekspertinės apklausos patikimumą išreiškiame ekspertų nuomonių konkordancijos koeficientu, apibūdinančiu individualių nuomonių sutapimo laipsnį:

$$W = \frac{12 \cdot S^2}{m^2(k^3 - k)} = \frac{12 \cdot 40105}{16^2(15^3 - 15)} = 0,5595. \quad (7)$$

Gauti rezultatai rodo, kad konkordancijos koeficientas yra $0 < W < 1$, todėl galima teigti, kad rangavimo metodu gautų rodiklių reikšmingumų dydžių patikimumas yra pakankamas.

Norint nustatyti konkordancijos koeficiento įvertinimo reikšmingumą, reikia žinoti dažnių pasiskirstymą, esant įvairioms m ekspertų ir k lyginamų variantų reikšmėms. Konkordancijos koeficiento reikšmingumas nustatomas pagal formulę (Zavadskas 2006):

$$\chi^2 = \frac{12 \cdot S^2}{m \cdot k(k+1)} = \frac{12 \cdot 40105}{16 \cdot 15(15+1)} = 125,328. \quad (8)$$

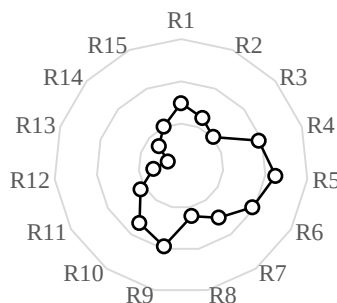
Pasirinkus apklausos patikimumo lygmenį 95%, gaunama kritinė reikšmė:

$$\chi_{krit}^2(0,005; 30) = 34,27,$$

$\chi^2 > \chi_{krit}^2$, todėl galima teigti, kad ekspertų vertinimai neprieštarauja ir yra suderinami.

2 lentelė Rodiklių reikšmingumai, gauti ekspertų apklausos metodu

Nr.	Rangų sumos	Rangų vidurkis	Reikšmingumas	Vieta
R5	215	13,43	0,1121	1
R6	187	11,69	0,0976	2
R9	186	11,63	0,0970	3
R4	185	11,56	0,0965	4
R10	160	10,00	0,0837	5
R7	145	9,06	0,0756	6
R1	142	8,88	0,0741	7
R2	119	7,44	0,0621	8
R8	116	7,25	0,0605	9
R11	106	6,63	0,0553	10
R3	98	6,13	0,0511	11
R15	97	6,06	0,0506	12
R14	67	4,19	0,0350	13
R12	63	3,94	0,0329	14
R13	31	1,94	0,0162	15



2 pav. Rodiklių svorių vidurkių reikšmės

Ekspertų nuomone, didžiausią reikšmę, renkantis VT ir jo maršrutus, turi socialinės srities rodikliai – maršrutų kursavimo dažnis (0,112) ir kursavimo laikas (0,098), o mažiausią, kaip ir buvo tikėtasi, aplinkosauginės srities rodikliai – oro tarša (0,33) ir besibaigiančių išteklių naudojimas (0,016). Socialinės srities rodikliai sudaro net 76,4 % visų rodiklių svarbumo reikšmės, technologinės – 32,5 %, ekonominės srities – 31 %, o aplinkosauginės srities – tik 13,5 % visų rodiklių reikšmės. Iš rezultatų matyti, kad vienas pirmaujantis socialinis rodiklis, įvertinus reikšmingumo svorius, yra beveik lygiavertis 4 aplinkosauginiams rodikliams.

3.2. VT maršrutų rangavimas SAW ir TOPSIS metodais

Optimaliausią alternatyvą galima išrinkti tik remiantis daugelio skirtingą prasmę ir dimensijas turinčių rodiklių sistema. Norint išrinkti optimaliausią variantą, reikia, sudarius sprendimų priėmimo matricą, atlikti viešojo transporto maršrutų daugiakriterinę analizę.

Nagrinėjamų Vilniaus viešojo transporto maršrutų analizei atlikti buvo surinkti viešojo transporto maršrutų ir jų aplinkos duomenys, reikalingi užpildyti rodiklių sistemas. Duomenys buvo renkami vykdant viešojo transporto stotelių apžiūrą, atliekant skaičiavimus matematiškai ir pasinaudojant „ArcMap“ programine įranga, įvertinant maršrutus pagal pateiktus tvarkaraščius (2018 m. kovo mėn.), atliekant realaus laiko tyrimus, stebėjimus. Taip pat buvo naudotasi duomenimis, kuriuos pateikė SI „Susisiekimo paslaugos“ – savivaldybės įmonė, valdanti Vilniaus viešąjį transportą. Įvertinant oro taršos ir triukšmo taršos lygį viešojo transporto maršruto trasose buvo naudotasi sumodeliuotais oro taršos ir triukšmo taršos žemėlapiams. Surinkti duomenys susisteminti, apdoroti ir atliktas VT maršrutų rangavimas SAW ir TOPSIS metodais.

SAW (angl. Simple Additive Weighting) metodas — tai vienas iš paprastesnių ir plačiausiai taikomų daugiatikslių vertinimo metodų. Nustatant varianto racionalumą, atitinkami normalizuotos sprendimo matricos nariai dauginami iš rodiklių reikšmingumų ir gautos sandaugos sumuojamos. Išeities duomenys, taikant šį metodą, yra sprendimų matrica P (sprendimų matrica negali turėti neskaitinių reikšmių) ir kiekvieno efektyvumo rodiklio reikšmingumas $q = \{q_1, q_2, \dots, q_n\}$. Spendžiant šiuo metodu, visų reikšmingumų q suma turi būti lygi 1 (Simanavičienė 2011).

Skaičiuojant SAW metodu, gauti duomenys pateikti 3 lentelėje:

3 lentelė. SAW metodu suskaičiuotos alternatyvų reikšmės

Maršrutas	1G	2G	T1	T2	T16	T20	A34	A54	A23	A53
Reikšmė	0,846	0,758	0,715	0,800	0,756	0,725	0,784	0,679	0,727	0,804
Vieta	1	5	9	3	6	8	4	10	7	2

Atlikus skaičiavimus gauta tokia prioritentinė eilutė:

1G → A53 → T2 → A34 → 2G → T16 → A23 → T20 → T1 → A54. Skaičiuojant SAW metodu optimaliausias maršrutas pagal sudarytą rodiklių sistemą yra 1G autobusas, mažiausiai optimalus — 54 autobusas.

TOPSIS (angl. Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution). Skaičiuojant šiuo metodu geriausias sprendinys yra tas, kuris yra arčiausiai idealaus sprendinio (L+) ir toliausiai nuo blogiausio sprendinio (L-). Kiekvienas rodiklis turi savo reikšmingumą (K), tačiau nustatant apribojimų nėra, jų suma nebūtinai turi būti lygi vienetui. Šis metodas naudojamas esant dideliame rodiklių skaičiui (Simanavičienė 2011).

4 lentelė. Alternatyvų atstumai iki geriausių ir blogiausių variantų

Maršrutas	1G	2G	T1	T2	T16	T20	A34	A54	A23	A53
L+	0,099	0,101	0,089	0,084	0,081	0,089	0,074	0,010	0,100	0,082
L-	0,089	0,100	0,081	0,101	0,112	0,010	0,111	0,078	0,065	0,089
Reikšmė (K)	0,657	0,468	0,353	0,654	0,539	0,401	0,279	0,273	0,314	0,606
Vieta	1	5	7	2	4	6	9	10	8	3

Atlikus skaičiavimus TOPSIS metodu gauta tokia prioritentinė eilutė:

1G → T2 → A53 → T16 → 2G → T20 → T1 → A23. → A34 → A54. Skaičiuojant TOPSIS metodu optimaliausias maršrutas pagal sudarytą rodiklių sistemą yra 1G autobusas, mažiausiai optimalus — 54 autobusas.

SAW ir TOPSIS metodais sudarytos VT maršrutų alternatyvų eilutės leidžia išrinkti juos nuo optimaliausio, labiausiai atitinkančio visus rodiklius iki mažiausiai optimalaus. Skaičiavimų rezultatai šiais dviem metodais truputį skiriasi (nors abiem vertinimo metodais sutampa geriausias maršrutas).

Vertinant pagal abu metodus ir ieškant optimaliausios alternatyvos, yra skaičiuojamas alternatyvų vidurkis ir po to sudaroma nauja prioritentinė eilutė.

5 lentelė. Vertinimo metodais (SAW ir TOPSIS) suskaičiuotos VT maršrutų vietos

Maršrutas	1G	2G	T1	T2	T16	T20	A34	A54	A23	A53
SAW vieta	1	5	9	3	6	8	4	10	7	2
TOPSIS vieta	1	5	7	2	4	6	9	10	8	3
Vieta	1	4-5	9	2-3	4-5	7	6	10	8	2-3

Apibendrinus rezultatus, gautus skaičiuojant SAW ir TOPSIS metodais, pagal 15 rodiklių, kurie suskirstyti į 4 sritis, gauta tokia prioritentinė eilutė:

1G → T2/A53 → T16/2G → A34 → T20 → A23 → T1 → A54.

3.3. Vilniaus viešojo transporto maršrutų aplinkosauginės sritys įvertinimas

Sudaryta rodiklių vertinimo sistema leidžia įvertinti VT įvairiomis pusėmis. Nors žmogaus mąstymui aplinkosauginės problemos sunkiai suvokiamos ir į jas dažniau žvelgiama tik globaliai, tačiau jos turi labai didelį ilgalaikį poveikį planetai, žmonių sveikatai ir gyvenimo kokybei. Pasirinkus aplinkosauginės sritys rodiklius (R3 – triukšmas, R12 – miesto aplinkos būklės gerinimas, R13 – besibaigiančių išteklių naudojimas, R14 – dalijosi dviračiais stotelių skaičius) ir atlikus maršrutų daugiakriterinę analizę, galima nuspręsti, kuris maršrutas yra „draugiškiausias“ aplinkai.

SAW ir TOPSIS metodais apskaičiuotos alternatyvų reikšmės pateikiamos lentelėje:

6 lentelė. SAW ir TOPSIS metodais įvertinti VT maršrutai pagal aplinkosauginės sritys rodiklius

Maršrutas	1G	2G	T1	T2	T16	T20	A34	A54	A23	A53
SAW vieta	3	9	4	2	10	1	6	8	7	5
TOPSIS vieta	4	8	3	2	7	1	6	9	10	5
Vieta	3-4	7-10	3-4	2	7-10	1	6	7-10	7-10	5

Atlikus skaičiavimus gauta tokia prioritetinga eilutė: T20 → T2 → T1/1G → A53 → A34 → 2G/T16/A54/A23. Apibendrinus rezultatus, gautus skaičiuojant SAW ir TOPSIS metodais, pagal nustatytus rodiklius aplinkosauginiu požiūriu optimaliausias maršrutas yra 20T, 2 vietą užima 2T, o mažiausiai optimalūs maršrutai yra 2G, T16, A54 ir A23. Pagal gautus rezultatus, juos vertinant bendrai, tai turėtų reikšti, kad 20 troleibuso maršruto trasoje yra mažiausias aplinkos poveikis žmogui – mažiausias triukšmo lygis, mažiausia oro tarša NO₂, SO₂, KD₁₀ teršalais ir yra daugiausiai dviračių dalijimosi stotelių, kurias galima pasiekti 500 metrų atstumu nuo VT maršruto stotelės. Įvertinus rodiklius, verta pastebėti, kad 20T didelį privalumą kitų maršrutų atžvilgiu suteikė tai, kad jo maršrute yra daugiausiai dalijimosi dviračiais stotelių (12/16). Tai skatina miestiečių fizinį aktyvumą ir sveikesnę gyvenseną.

4. Išvados

1. Norint nustatyti VT populiarumą lemiančius veiksnius, sudarytas 15 vertinimo rodiklių sąrašas. Rodikliai suskirstyti į 4 skirtingas sritis – socialinę, ekonominę, technologinę ir aplinkosauginę. Rodiklis galėjo patekti į kelias sritis. Ekspertinės apklausos pagrindu sudaryta rodiklių rangavimo matrica. Paskaičiavus Kendallo konkordacijos koeficientą ir jo reikšmingumą, nustatyta, kad ekspertų nuomonės yra suderintos, todėl daroma išvada, kad rodiklių reitingavimas turi prasmę.

2. Atlikus rodiklių reitingavimą nustatyta, kad daugiausiai įtakos renkantis VT ir jo maršrutus turi socialinės sritys rodikliai – maršrutų kursavimo dažnis (0,112) ir kursavimo laikas (0,098), o mažiausiai, kaip ir buvo tikėtasi, aplinkosauginės sritys rodikliai – oro tarša (0,33) ir besibaigiančių išteklių naudojimas (0,016). Socialinės sritys rodikliai sudaro net 76,4 % visų rodiklių svarbumo reikšmės, technologinės – 32,5 %, ekonominės sritys – 31 %, o aplinkosauginės sritys – tik 13,5 % visų rodiklių reikšmės.

3. Panaudojus SAW ir TOPSIS skaičiavimo metodus ir atlikus 10 Vilniaus VT maršrutų vertinimą, nustatyta, kad optimaliausia alternatyva pagal sudarytą rodiklių sistemą – 1G autobusas.

4. Įvertinus tik aplinkosauginės sritys rodiklius (atlikus skaičiavimus SAW ir TOPSIS metodais), nustatyta, kad aplinkai „draugiškiausias“ yra 20 troleibuso maršruto trasa.

Literatūra

- AARP Public Policy Institute. 2005. *Livable Communities: An Evaluation Guide*. Prieiga per internetą: <<https://www.aarp.org/content/dam/aarp/livable-communities/plan/assessments/livable-communities-an-evaluation-guide-2005-aarp.pdf>>
- Burinskienė, M.; Paliulis, G. M.; Ušpalytė – Vitkūnienė, R. 2009. *Miestų viešasis transportas*, Vilnius: Technika, 192p.
- Choocharukul, K.; Fujii, S. 2007. Psychological factors influencing behavioral intention of private car use in future work trips in *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, Vol 7: 211–222.
- Dhinghi, C. 2011. *Measuring Public Transport Performance – Lessons for Developing Cities: Sustainable Transport Sourcebook*. Prieiga per internetą: <www.sutp.org/index.php?option=com_content&task=view&id=2826>.
- Europos komisija. 2011. *Baltoji knyga. Bendros Europos transporto erdvės kūrimo planas. Konkurencingos efektyviu išteklių naudojimu grindžiamos transporto sistemos kūrimas*. Briuselis. Prieiga per internetą: <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0144:FIN:LT:PDF>>.
- Hale, C. A. 2011. New Approaches to Strategic Urban Transport Assessment in *Australian Planner*, Vol. 48/3: 173–182.
- Jakimavičius, M.; Burinskienė, M. 2010. A GIS and multi-criteria-based analysis and ranking of transportation zones of Vilnius city. *Ūkio technologinis ir ekonominis vystymas, Lietuva*.
- Litman, T. 2006. The Future Isn't What It Used To Be in *ITE Journal*, Vol. 76, No. 9, September: 27–33.
- Litman, T. 2008. Valuing Transit Service Quality Improvements in *Journal of Public Transportation*, Vol. 11, No. 2, Spring: 43–64.
- Litman, T. 2014. *Smart Congestion Relief: Comprehensive Analysis of Traffic Congestion Costs and Congestion Reduction Benefits*, Victoria Transport Policy Institute. Prieiga per internetą: www.vtpi.org/cong_relief.pdf
- Litman, T. 2017. *Evaluating Public Transit Benefits and Costs. Best Practices Guidebook*. Prieiga per internetą: <<http://www.vtpi.org/tranben.pdf>>.
- Mogridge, M. J. 1978. The influence of the oil crisis on the growth in the ownership and use of cars in *Transportation*, 7: 45–67.
- New Zealand Transport Agency (NZTA). 2010. *Economic Evaluation Manual*, Volumes 1 and 2. Prieiga per internetą:

<www.nzta.govt.nz/resources/economic-evaluation-manual/volume-1/index.html>;
evaluation-manual/volume-2/docs/eem2-july-2010.pdf>.

<www.nzta.govt.nz/resources/economic-evaluation-manual/volume-2/docs/eem2-july-2010.pdf>.

SĮ „Susisiekimo paslaugos“ pateikta informacija.

Simanavičienė, R. 2011. Kiekybinių daugiatislio sprendimo priėmimo metodų jautrumo analizė. Vilnius, Technika, 148.

Steg, L. 2006. Sustainable Transportation. A Psychological Perspective in *IATSS Research Volume* 31, Issue 2: 58–66.

Tirachini, A.; Hensber David, A.; Rose John, M. 2014. Multimodal pricing and optimal design of urban public transport: The interplay between traffic congestion and bus crowding in *Transport Research Part B*: 33-54.

Zavadskas, E. K.; Kaklauskas, A.; Bejder, E.; Motekūnas, T. Pastato statybos ir eksploatacijos daugiatislė selektonovacija. Vilnius: Technika, 1992, 84.